

KENTTÄVIESTIJÄRJESTELMÄN JÄRJESTELMÄTESTAUS

Pro gradu -tutkielma

Kadetti

Heikki J Suomalainen

Kadettikurssi 91

Viestilinja

Maaliskuu2008

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi		Linja	
Kadettikurssi 91		Viestilinja	
Tekijä			
Kadetti Heikki J Suomalainen			
Tutkielman nimi			
Kenttäviestijärjestelmän järjestelmätestaus			
Oppiaine, johon työ liittyy		Säilytyspaikka	
Tekniikka		Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)	
Aika	Maaliskuu 2007	Tekstisivuja	64
		Liitesivuja	4
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on kenttäviestijärjestelmä, jolla luodaan prikaatin sotatöissä tarvittavat kenttäviestiyhteydet. Järjestelmällä luodaan viestipalvelut koko yhtymän tulenkäytön, tiedustelun ja johtamisen viestiyhteystarpeisiin. Järjestelmän toimivuus on sotateon onnistuneen suorittamisen kannalta erittäin tärkeitä. Tutkimusympäristönä on YVI2-järjestelmä, johon tutkimuksessa on määritelty järjestelmäkomponenttien ja keskeisten palveluiden testien ja mittausten raja-arvot.</p> <p>Järjestelmätestauksella kyetään paikallistamaan viestijärjestelmässä mahdollisesti olevat virheet. Lisäksi järjestelmätestaus tuottaa tietoja, joiden perusteella voidaan määrittää viestiverkon suorituskyky sekä analysoida sitä.</p> <p>Järjestelmätestaus käsittää testauksen suunnittelun, mittaukset ja testit, tietojen koostamisen, tietojen analysoinnin ja testiraportin laatimisen. Testiraportti on yhtenä seuraavan vaiheen tai testauskierroksen suunnittelua. Järjestelmätestauksen tuloksia voidaan analysoida sekä järjestelmän suorituskyvyn että luotettavuuden ja kattavuuden perusteella. Näihin molempiin tutkimuksessa esitetään joitain malleja ja ajatuksia. Järjestelmätestaus soveltuu monipuolisesti viestitoiminnan suunnittelun ja johtamisen tueksi.</p>			
AVAINSANAT Järjestelmätestaus, YVI2, suorituskyky			

KENTTÄVIESTIJÄRJESTELMÄN JÄRJESTELMÄTESTAUS

KÄYTETYT LYHENTEET JA KÄSITTEIDEN MÄÄRITELMÄT	0
1 JOHDANTO	1
1.1 Aikaisemmat tutkimukset	2
1.2 Tutkimuskysymykset	3
1.3 Tutkimuksen yleinen viitekehys	4
1.4 Lähdemateriaali ja käsitelmääritys	8
2 JÄRJESTELMÄTESTAUS	10
2.1 Järjestelmätestauksen testiprosessi	10
2.2 Viestijärjestelmän testaus	12
2.3 Järjestelmätestauksen dokumentointi	14
3 YHTYMÄN VIESTIJÄRJESTELMÄ YVI2 TESTIYMPÄRISTÖNÄ	15
3.1 YVI 2	17
3.1.1 Järjestelmävalvonta ja järjestelmätestaus	20
3.1.2 Järjestelmätestauksen toimintamalli	25
3.1.3 Verkonkuvan muutokset	27
3.2 Järjestelmätestaus rauhan ajan harjoituksissa	30
3.2.1 Viestiaselajin perusharjoitus	31
3.2.2 Yhtymäharjoitus	32
3.2.3 Koulutukselliset harjoitukset	33

4	JÄRJESTELMÄTESTAUKSEN TEKNINEN TOTEUTUS	34
4.1	Järjestelmätestauksen yleisjärjestelyt	34
4.2	Siirtoverkon testaus	35
4.2.1	Linkkiyhteydet	38
4.2.1.1	Radiolinkki MH313/S	40
4.2.2	Kaapeliyhteydet	42
4.2.2.1	Valokaapelit	42
4.2.2.2	Parikaapelit	45
4.3	Palveluiden testaus	45
4.3.1	Tilaajaliityntä	45
4.3.2	Puhevälitysjärjestelmät	46
4.3.3	Datansiirtojärjestelmät	48
4.3.4	Sanomaliikennetestaus	50
4.3.5	Rajapinnat	53
5	VIESTIJÄRJESTELMÄN JÄRJESTELMÄTESTAUKSEN TESTIPROSESSI	55
5.1	Järjestelmätestauksen dokumentointi	55
5.1.1	Testisuunnitelma	56
5.1.2	Testausohje ja raportointilomakkeet	56
5.2	Järjestelmätestauksen testitulosten analysointi	57
5.2.1	Suorituskykyanalyysi	58
5.2.2	Luotettavuusanalyysi	61
5.3	Järjestelmätestauksen testitulosten hyödyntäminen	62

6	JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	63
6.1	Johtamisjärjestelmän siirtoverkon ja keskeisten palveluiden tekniseen suorituskyykyyn vaikuttavien tekijöiden mittauksen toteutuminen	63
6.2	Jatkotutkimuskohteita	63
6.3	Järjestelmätestauksen kehittäminen	64
	LÄHTEET	65
	LIITTEET	68
	LIITE 1 Päivystäjän vaihto	68
	LIITE 2 Verkonkuva (ESIMERKKI)	69
	LIITE 3 Testisuunnitelma (ESIMERKKI)	70
	LIITE 4 Raportointilomake (ESIMERKKI)	71

KUVAT

Kuva 1 Järjestelmätestauksen yleinen viitekehys

Kuva 2 Viestitoiminnan suunnittelu-, johtamis-, testaus- ja valvontaprosessi

Kuva 3 Järjestelmän suorituskykyyn vaikuttavat osa-alueet

Kuva 4 Järjestelmätestauksen testiprosessi

Kuva 5 Järjestelmätestauksen kolmijako

Kuva 6 Järjestelmätestauksen vaikutus tilannetietoisuuteen

Kuva 7 Valmiusprikaatin viestijärjestelmä[17]

Kuva 8 Mekanisoidun taisteluosaston liittyminen valmiusprikaatin viestiverkkoon [17]

Kuva 9 Keskuksen CD115E ohjauspäätteeltä nähtävä linkkijänteen bittivirhesuhde

Kuva 10 Valokaapelipäätteen silmukointi

Kuva 11 Kiinteän yhteyden (SUC) muodostuminen

Kuva 12 Ping testi

Kuva 13 KSL:n sarjakanavat

Kuva 14 KSL:n sanomalaitekanavat

KAAVAT

Kaava 1 Bittivirhesuhde

Kaava 2 Radiolähetteen vaimeneminen

Kaava 3 Linkkibudjetti [9]

Kaava 4 Virhetiheys [3]

Kaava 5 Testauksen kattavuus[3]

Kaava 6 Palvelun saatavuus [5]

Kaava 7 Palvelun puuttuminen

TAULUKOT

Taulukko 1 YVI2-viestiaseman perusvarustelu

Taulukko 2 Järjestelmätestauksen testikriteerien yleiskuvaukset

Taulukko 3 MH313/S testikriteerit

Taulukko 4 Valokaapelipäätteen testikriteerit

Taulukko 5 Äänipuhelun ja puhelupalveluiden testikriteerit

Taulukko 6 Datansiirtojärjestelmän testikriteerit

Taulukko 7 Sanomalaiterunkoverkon testikriteerit

Taulukko 8 Sanomalaiteverkon liityntäyhteyksien testikriteerit

Taulukko 9 YVI2-YVI2 rajapinnan testikriteeri

Taulukko 10 YVI2-PvVV rajapinnan testikriteerit

KÄYTETYT LYHENTEET JA KÄSITTEIDEN MÄÄRITELMÄT

BER	Bit Error Rate, bittivirhesuhde.
CNRA	Combat Net Radio Acces. Digitaalinen liikkuvan tilaajan puhelinjärjestelmä.
CNRI	Combat Net Radio Interface. Analoginen liikkuvan tilaajan puhelinjärjestelmä.
dB	Logaritmisesti esitettävä tehon suhdeluku tiettyyn vertailuarvoon.
dBi	Antennivahvistuksen vertailusuure, jossa vertailuarvona on isotrooppisen säteilijän vahvistus
dBm	desibelimilliwatti, signaalitehon yksikkönä käytetty vertailusuure, jossa vertailutehona on 1 mW
dBW	desibeliwatti, signaalitehon yksikkönä käytetty vertailusuure, jossa vertailutehona on 1 W
DM/PCM(-muunnin)	Laite, joka muuntaa deltamodulaation pulssikoodimodulaatioksi ja päinvastoin
EUROCOM (D/1)	Sotilasviestiliikenteen standardi.
EVP(E)	Esikunta- ja viestipataljoona (esikunta)
GHz	Gigahertsi, taajuuden yksikkö 1000000 kertaa hertsi (1/s)
Kbit/s	Tiedonsiirtonopeuden yksikkö, kilobittia sekunnissa
Kiinteä yhteys	Kiinteä puhelinyhteys joka reitittyy katkettuaan uudelleen, SUC.
KSL	Keskussanomalaite.
Linkkijänne	Kahden linkkiradion välinen radioyhteys
Looginen verkko	Verkko, joka käyttää siirtotienä muita yhteyksiä. Muodostaa päätelaitteiden välille loogiset yhteydet.
MHz	Megahertsi, taajuuden yksikkö 1000 kertaa hertsi (1/s)
NATO pfp	North Atlantic Treaty Organization Partnership for Peace. Pohjois-Atlantin liiton rauhankumppanuus(-ohjelma).
OSC	Operational System Control. Viestijärjestelmän valvontaosa. –ryhmä, -asema, -ohjelma.

Ping	TCP/IP-protokollan työkalu, joka kokeilee määrätyn laitteen saavutettavuutta. Ping lähettää laitteelle testidatapaketin, johon etätietokone vastaa omalla vastauspaketillaan.
PvVV	Puolustusvoimien viestintä verkko
Silmukointi	Yhteyksien varmentaminen muodostamalla verkossa ylimääräisiä yhteyksiä
SEP	System Executive and Planning. Viestijärjestelmän suunnitteluosa. –ryhmä, -asema, -ohjelma.
SNR	
Solmu	Laite, joka edelleenvälittää tai jakaa viestiverkon yhteyksiä
SUC	Sole User Connection. kts Kiinteä yhteys
TDM	Time Division Multiplexing. Aikajakoinen kanavointi.
UBOB	User Breakout Box, linjaliityntäyksikkö. Keskukseen osa, johon voidaan liittää tilaajia.
UHF(-taajuusalue)	Ultra High Frequency, sähkömagneettisen spektrin alue 0,3-3 GHz
VHF(-taajuusalue)	Very High Frequency, sähkömagneettisen spektrin alue 30-300 MHz
VEHA	Verkonhallinta. –ryhmä, -asema, -ohjelma.
Viestijärjestelmä	Viestijärjestelmään kuuluu laitteiston lisäksi sen käyttöön ja ylläpitoon tarvittava henkilöstö sekä järjestelmän koulutus.
Viestiasema	Viestijärjestelmän solmu. Henkilöstönä yksi viestiryhmä.
Vika	Merkittävä poikkeama tai puute joka estää virheen kohteen toiminnan
YVI 2	Yhtymän viestijärjestelmä 2

KENTTÄVIESTIJÄRJESTELMÄN JÄRJESTELMÄTESTAS

1 JOHDANTO

Maavoimien kenttäviestijärjestelmien tehtävänä on varmistaa tiedustelun, tulenkäytön ja johtamisen yhteyksien luotettava toiminta kaikissa olosuhteissa sekä viestiverkkoihin liittyneiden johtamispaikkojen ja asejärjestelmien viestiliikennetarpeiden tyydyttäminen. Kenttäviestijärjestelmään kuuluu laitteiston lisäksi sitä käyttävä henkilöstö. Jotta kenttäviestijärjestelmää kyetään käyttämään operaatiossa täysipainoisesti hyödyksi, tulee sen suorituskyvyn olla tiedossa. Suorituskyvyn selvittäminen edellyttää kenttäviestijärjestelmän eri osien toimivuuden toteamista ja mahdollisten virheiden ja vikojen paikantamista. Tätä kokonaisuutta voidaan kuvaavasti nimittää kenttäviestijärjestelmän järjestelmätestaukseksi. Tässä tutkimuksessa selvitän, miten kenttäviestijärjestelmän järjestelmätestaus tulee järjestää ja minkälaisilla mittareilla ja testiprosesseilla saavutetaan tarkoituksenmukaisimmat tulokset kenttäviestijärjestelmän siirtoverkon suorituskyvyn ilmaisemista varten. Tämän tutkimuksen aiheena on maavoimien kenttäviestijärjestelmien siirtoverkon ja sen keskeisimpien palveluiden suorituskyvyn määrittämiseen liittyvien testien teknisten perusteiden selvittäminen.

Tutkimustuloksena esitän maavoimien kenttäviestijärjestelmien järjestelmätestaukseen soveltuvien mittareiden tekniset määrittelyt ja testausohjeet. Lisäksi esittelen yhden erilaisiin viestiverkkoihin ja erilaisiin tilanteisiin sovellettavissa olevan testausmallin. Malli, mukaan lukien mittarit ja ohjeet on siis esimerkki, jota tulee soveltaa käytössä olevaan järjestelmäkokonaisuuteen ja vallitseviin olosuhteisiin.

1.1 Aikaisemmat tutkimukset

Järjestelmätestaukseen liittyvää tutkimusta on verraten runsaasti, kuten luvussa 2 sekä lähde-
materiaalin käsittelyssä tarkemmin esitellään. Kuitenkaan kenttäviestijärjestelmien järjestel-
mätestaukseen liittyvää tutkimusta siinä muodossa, kuin sitä tässä tutkimuksessa käsitelen, ei
käytännössä ole löydettävissä. Toisaalta kenttäviestijärjestelmien järjestelmätestausta on tehty
käytännössä niin pitkään, kun kenttäviestijärjestelmiä on ollut käytössä. Nykyisin käytössä
olevia viestijärjestelmiä on niin ikään testattu ensin käyttöönottoon ja hankintaan liittyvässä
järjestelmätestauksessa[16] ja myöhemmin käytönaikaisesti hyvinkin monipuolisesti, mutta
testaamista ei kokonaisuudessaan ole dokumentoitu sillä tavalla, että se muodostaisi testaus-
kokonaisuuden siinä mielessä kuin järjestelmätestauksen prosessia tässä käsitellään.

Everstiluutnantti, tekniikan lisensiaatti Jari Sundqvistin tutkimus Automaattisen kenttätele-
verkon järjestelmätestaus, Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitokselle[16] käsittelee
järjestelmätestauksen käytännön järjestelyjä ja avaa järjestelmätestaukseen ja YVI2 –
kenttäviestijärjestelmään liittyvää terminologiaa. Tutkimuksen otsikon tietystä samanhengi-
syydestä huolimatta tutkimukset käsittelevät samaa aihepiiriä aivan eri lähtökohdista. Sund-
qvist esittelee hankinta- ja käyttöönottovaiheeseen liittyvää järjestelmätestausta, kun taas tässä
tutkimuksessa keskitytään käytönaikaisen järjestelmätestauksen mittauskriteerien määritte-
lyyn ja testimenetelmien dokumentointiin käytössä olevalla järjestelmällä. Tutkimustulosten
vertaaminen olisi kuitenkin sikäli hedelmällistä, että hankinta- ja käyttöönottovaiheen tes-
tiympäristöt pyritään luomaan tulevia käyttöolosuhteita vastaaviksi, jolloin voidaan jo ennen
hankintapäätöksen tekemistä varmistua siitä, että järjestelmä soveltuu sille suunniteltuihin
olosuhteisiin ja käyttöön. Tutkimus on vuodelta 1997, joten on luonnollista, että kuluneen
kymmenen vuoden huima tekninen kehitys on vaikuttanut viestijärjestelmän käyttöperiaattei-
siin ja –ympäristöön muun muassa tiedonsiirtokapasiteetin rajun nousun vuoksi. Sundqvistin
tutkimuksessa ei varsinaisia tutkimustuloksia tai käyttöönottovaiheen järjestelmätestauksen
loppuraporttia ole, mutta testausjärjestelyiden esittelystä on ollut huomattavaa hyötyä määri-
teltäessä käytönaikaisen järjestelmätestauksen toteuttamista.

Rajapintoihin liittyvää tutkimusta on tehty vuosittain suomalaistenkin kenttäviestijärjestelmien osalta kansainvälisessä Combined Endeavor – harjoituksissa, joissa tutkitaan eri NATO- ja NATO pfp -maiden viestikalustojen yhteensopivuutta[1]. Yhteensopivuuden testaamisen perusedellytyksenä on kunkin järjestelmän itsenäinen varmennettu toiminta, jotta kunkin järjestelmän toimiminen tai toimimattomuus yhdessä toisen järjestelmän kanssa voidaan todentaa.

Toisena merkittävänä verraten laajana ja toistuvana testiympäristönä ovat Viesti- ja Sähköteknisen koulun rajapintaharjoitukset, joita järjestetään vuosittain useita henkilökunnalle ja eri kursseille. Viestikadettien perusopetuksen rajapintaharjoituksen opetustavoitteena on, että kurssilaiset osaavat rajapintojen tekemisen järjestelmätasolla ja osaavat käyttää tarvittavaa kalustoa ja laatia viestiverkkojen liikennöintiohjeen myös tilanteessa, jossa käyttäjät liikennöivät myös rajapintojen yli. Yleisemmin rajapintaharjoitukset ovat opetustilaisuuksia, joiden tavoitteena on, että kurssilaiset oppivat ja ymmärtävät viestiverkon teknisen suunnittelun ja konfiguroimisen rajapintoja sisältävässä viestijärjestelmässä. Opetustavoitteeseen pääseminen edellyttää kurssilaisilta järjestelmätestauksen perusteiden hallitsemista ja soveltamista. Rajapintaharjoitusten päätavoitteena ei kuitenkaan ole uuden tiedon tai testausmenetelmän tuottaminen järjestelmätestaukseen liittyen. Koska järjestelmätestaus ei terminä ole käytössä viestiaselajin perusopetuksessa, kurssilaiset eivät tiedä tekevänsä harjoituksissa järjestelmätestausta.

Sotatieteen kandidaatin tutkielmassani SK746 Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitokselle kokosin yhteen kenttäviestijärjestelmän siirtoverkon eri osien testaamiseen liittyvät perusasiat ja muokkasin ne keskenään yhteismitallisesti ja havainnollisesti tulkittavaksi kokonaisuudeksi. Tutkielmassa en ottanut juurikaan kantaa järjestelmätestauksella hankitun tiedon kokoamiseen tai analysointiin, vaan keskityin järjestelmätestauksen viitekehyksessä tarkastelemaan yhtymän viestijärjestelmää toimintaympäristönä.

1.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa jatkan kandidaatin tutkielmassa aloittamaani järjestelmätestauksen toimintatapamallin koostamista teknisten vaatimusten ja testiprosessin laadullisen määrittelyn kautta. Tutkimuskysymyksinä ovat:

1) Miten yhtymän tiedonsiirtoverkon toimintakyky selvitetään?

a. Mitkä ovat mittauskriteerit eri järjestelmän osien osalta?

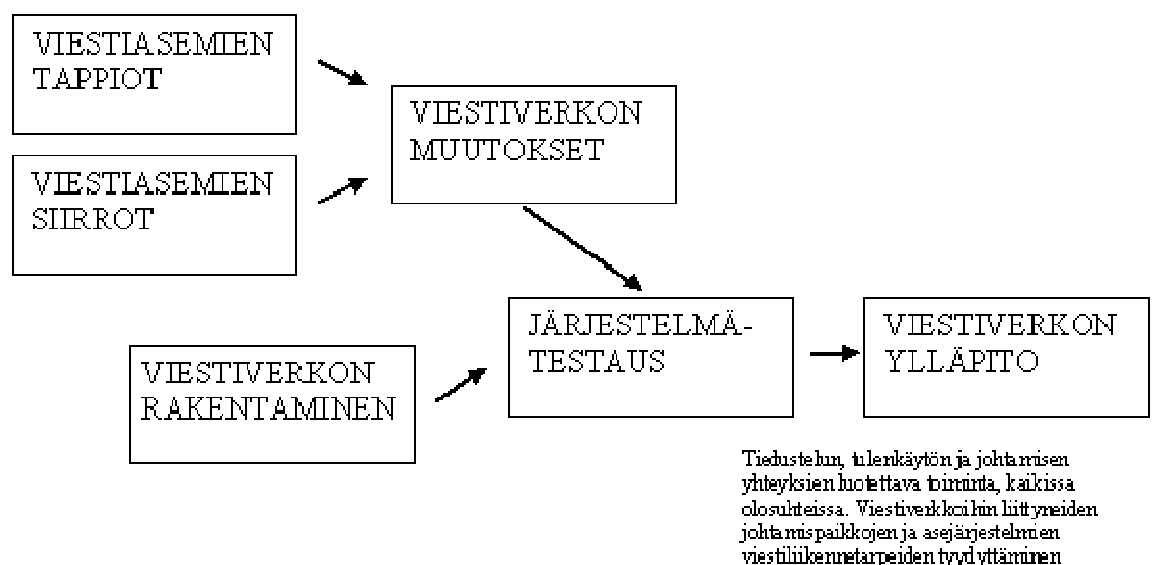
2) Mitä tietoa järjestelmätestaus tuottaa tarvitsijoille?

- a. Onko tämä tieto tarkkaa ja riittävää kuvaamaan tiedonsiirtoverkon ja keskeisten palveluiden suorituskykyä?
- b. Miten testiprosessi pitää toteuttaa, jotta tieto on oikea-aikaista?
- c. Onko tieto luotettavaa?

Järjestelmätestauksen tulosten jatkohyödyntäminen edellyttää testauksessa saatujen tulosten koostamista ja jatkokäsittelyä [3]. Jotta pystyn vastaamaan kysymykseen, antaako saatu tieto tarkan ja riittävän kuvan tiedonsiirtoverkon ja keskeisten palveluiden suorituskyvystä, tulee tiedon analysointia varten olla olemassa työkalu.

1.3 Tutkimuksen yleinen viitekehys

Järjestelmätestauksen yleisestä viitekehyksestä (Kuva 1) voidaan todeta, että järjestelmätestaus itsessään sijoittuu viestijärjestelmän muutosten ja viestijärjestelmän ylläpidon väliin analyttiseksi työkaluksi. Järjestelmätestaus ei itsessään ole tieteellistä tutkimusta, vaan ainoastaan viestijärjestelmän ylläpitoon liittyvä työkalu, jolla saadaan kuva johtamisjärjestelmän suorituskyvystä.



Kuva 1 Järjestelmätestauksen yleinen viitekehys

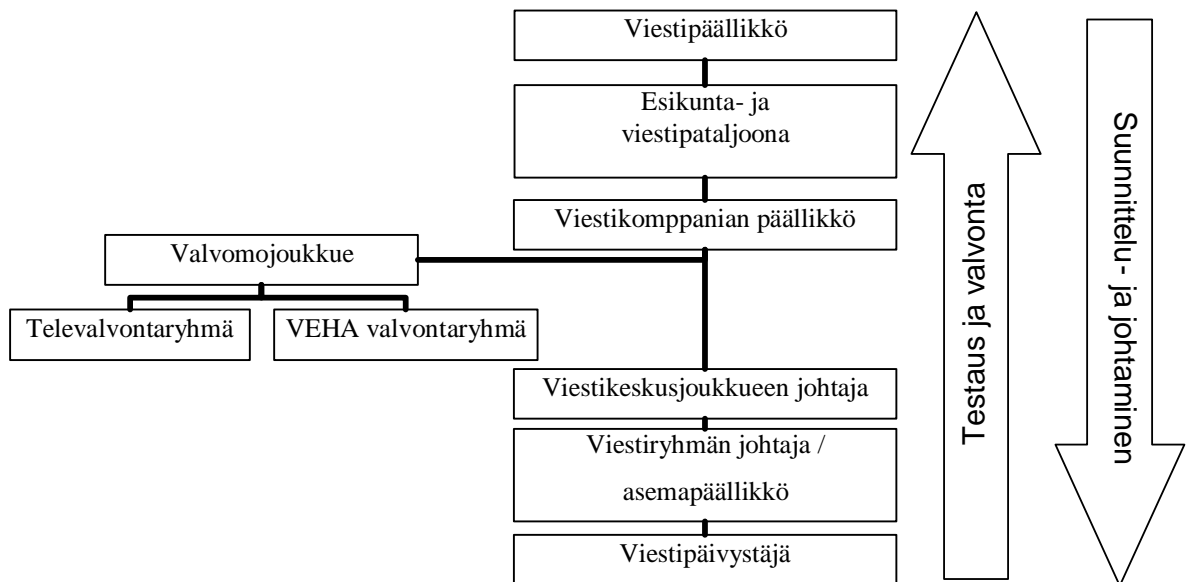
Kokonaisuutena tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten yhtymän tiedonsiirtoverkon toimintakyky saadaan todettua. Taustalla on sotatieteen kandidaatin tutkielmassani esitelty karkea kuvaus mallista, jossa toiminnallinen testaus on viestiverkon tapaan hajautunut ja valvomojoukkue kerää tiedon osaset yhteen ja koostaa niistä ylempien johtoportaiden toiminnan kannalta tarkoituksenmukaisia raportteja viestijärjestelmän testisuunnitelman mukaisesti. Tämän mallin pohjalta yksittäisten mittarien tekninen määrittely ja niiden välisten suhteiden toteaminen tuottaa testisuunnitelmalla koordinoitun testiproseduurin, jossa on tarkkaan määriteltynä kuka testaa ja mitä verkon osia tietyllä ajan hetkellä ja missä testaukset tehdään.

Tutkimuksessa käsittelen maavoimien käytössä olevaa yhtymän viestijärjestelmää YVI2. Tavoitteena on testiprosessin yleisten teknisten määrittelyjen tarkentaminen siten, että tässä tutkimuksessa esitetty malli olisi helpommin sovellettavissa eri kenttäviestijärjestelmien siirtoverkkoihin, solmuihin ja siirtoteihin. Lisäksi määrittelyissä otetaan kantaa puheen ja puhevälitysverkon palveluiden sekä datan siirtoon. Erilaisten sovellusten toiminta on rajattu tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Näiden yleisten teknisten parametrien ja niiden välisten suhteiden määrittely antaa valmiuden tarkastella testiprosessin laatua sen kattavuuden suhteen ja tämän arvioinnin kautta testiprosessin soveltuvuutta myös sellaisiin järjestelmäkokoontoihin, joita tutkimuksessa ei ole käsitelty.

Yhtymän viestijärjestelmä on osa yhtymän johtamisjärjestelmäkokonaisuutta. Johtamisjärjestelmien rooli digitaalisella taistelukentällä on keskeinen. Ne mahdollistavat verkottuneiden sensoreiden, tiedonsiirtoalustan ja asejärjestelmien tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämisen operaatioissa. Johtamisjärjestelmä on kokonaisuus, jonka tärkeimmän komponentin muodostavat henkilöstö, välineistö ja toimintamenetelmät[9]. Välineistöön sisältyvät muun muassa erilaiset tietoliikennejärjestelmät sekä johtamisen tietojärjestelmät.

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on operatiivisten yhtymien ja jääkäriprikaatien sekä mekani-soitujen taisteluosastojen käyttämä viestikalusto Etelä-Suomen, Länsi-Suomen ja Itä-Suomen sotilaslääniä alueella. Pohjois-Suomen sotilaslääniä alueella toimivilla joukoilla on käytössä YVI1M. Muilla joukoilla on joukolle suunnitellusta tehtävästä riippuen tarkoituksenmukainen viestikalusto joka saattaa sisältää osia yhtymän viestijärjestelmästä tai joitain samoja laitteita, joten tutkimustulokset ovat osin suoraankin hyödynnettävissä YVI2-järjestelmän ulkopuolel-le.

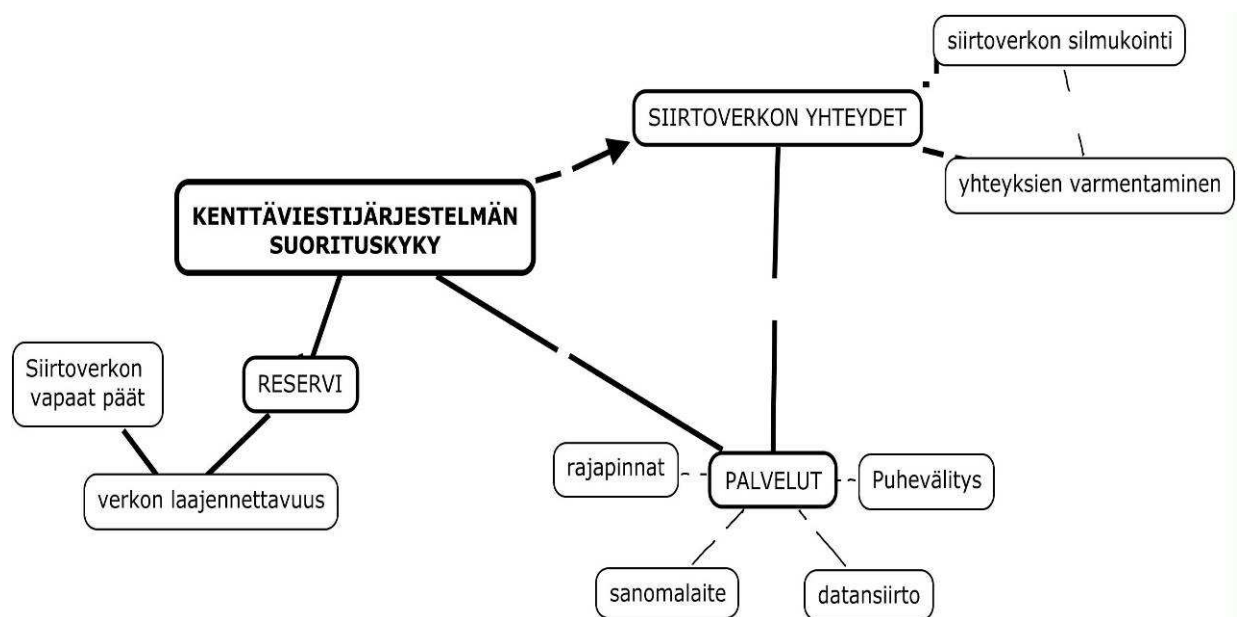
Viestijärjestelmän rakentamisesta ja ylläpidosta vastaa esikunta- ja viestipataljoonan viestikomppania viestipäällikön laatiman johtamisjärjestelmäalan toiminta-ajatuksen mukaan. Suunnittelu- ja johtamisprosessi on moniportainen ja niin kutsuttu rinnakkainen prosessi, jossa suunnittelua tehdään usealla tasolla samanaikaisesti. Valvonta- ja testausprosessi toimii käytännössä suunnitteluprosessin suhteen vastakkaisessa järjestyksessä alhaalta ylöspäin, sillä tieto järjestelmän toimivuudesta on ensisijaisesti viestiasemilla. Järjestelmätestauksen tulokset pitää saada välitettyä ymmärrettävinä ja yksiselitteisinä johtamisketjussa ylöspäin, sillä ne ovat osaltaan määrääviä tietoja viestipäällikön johtamalle viestitoiminnan suunnittelulle ja verkon siirroista ja painopisteen muuttamisesta annettaville käskyille. Yksinkertaistettuna suunnittelu- ja johtamisprosessi sekä testaus- ja valvontaprosessi on kuvattu alla (Kuva 2).



Kuva 2 Viestitoiminnan suunnittelu-, johtamis-, testaus- ja valvontaprosessi

Käytännön tasolla järjestelmätestausta siis tehdään ensisijaisesti viestiasemilla ja valvomoukkueessa, jotka tuottavat viestikomppanian päällikölle, esikunta- ja viestipataljoonan esikunnalle ja viestipäällikölle näiden tarvitseman tiedon järjestelmän toiminnasta jatkosuunnittelun pohjaksi. Järjestelmätestaus on osa jokaisen viestiaseman normaalia toimintaa ja valvomoasemien päätehtävä. Tämän tutkimuksen tavoitteena on yhtenäistää järjestelmätestauksen testiprosessit, poistaa niistä päällekkäisyydet ja luoda testiprosesseille varmennusprosessit riittävässä laajuudessaan sekä määrittää järjestelmätestauksen dokumentoinnille selkeät ja yhtenäiset suuntaviivat.

Järjestelmätestauksen päämääränä on siis muodostaa viestijärjestelmän toteutuksesta vastaavalle henkilölle yksiselitteinen ja oikea kuva viestijärjestelmän suorituskyvystä. Järjestelmän suorituskyvyyden vaikuttavat tekijät voidaan esittää esimerkiksi kuten alla (Kuva 3), jossa nähdään että eri tekijöiden välillä on runsaasti keskinäisriippuvuuksia, jotka kuvassa on karsittu minimiinsä.



Kuva 3 Järjestelmän suorituskyvyyden vaikuttavat osa-alueet

Tästä voidaan todeta, että järjestelmätestaus vaikuttaa paitsi järjestelmätestauksen viitekehiksen mukaisesti viestiverkon ylläpitoon, se myös viime kädessä vastaa kysymykseen: ”Miten yhtymän tiedonsiirtoverkon toimintakyky selvitetään?” Tämän edellytyksenä on järjestelmätestauksen tulosten esittäminen siten, että tieto on tarkkaa ja antaa yksikäsitteisen kuvan toimintakyvystä.

1.4 Lähdemateriaali ja käsitelmäärittely

Lähdemateriaalin osalta tilanne järjestelmätestauksen suhteen on haasteellinen. Järjestelmätestaustermi ei ole viestiaselajissa kovin yleisessä käytössä kuvaamassa niitä toimintoja, joita tässä tutkimuksessa käsitellen. Toisin sanoen materiaalia sinänsä on runsaastikin erilaisina ohjesääntöinä ja oppaina, mutta sen löytäminen nimenomaisesti järjestelmätestauksen nimellä ja sen näkökulmasta on haasteellista.

Terminä järjestelmätestaus ei myöskään ulkomaisista, lähinnä englanninkielisistä, julkaisuista ole helppo löytää, sillä asiayhteydestä riippuen samaa kokonaisuutta voidaan kuvata esimerkiksi termeillä system testing, on-service measurement, in-service performance testing, network performance measurement.

Järjestelmätestauksen tarkoituksena on varmistaa koko järjestelmän toimivuus ja yhteensopivuus[16]. Tämän valossa tässä tutkimuksessa käsiteltävää prosessia voidaan pitää järjestelmätestauksena, koska testiprosessissa otetaan suunnittelussa ja dokumentoinnissa kantaa koko järjestelmään ja koko järjestelmän toimivuus on se, mikä viestijärjestelmästä vastaavia ylempiä johtoportaita kiinnostaa. Vaikka tutkimuksessa käsiteltävässä järjestelmätestauksessa on kysymys pienistä osatesteistä ja mittauksista, ovat ne yhteensä enemmän kuin osiensa summa. Lisäksi se, että kokonaisuutta arvioidaan laadullisesti havaittujen virheiden ja verkon testauksen kattavuuden funktiona sitoo erilliset testit yhdeksi kokonaisuudeksi. Järjestelmätestauksen tuotoksena voidaan nähdä myös suorituskykyanalyysi, joka on jo varsin lähellä yleisesti tunnistettavaa järjestelmätestauksen termin käyttöä.

Tarkasteltaessa järjestelmätestauksen tuloksia testien luotettavuuden ja hyödynnettävyyden osalta (erityisesti kappaleissa 2 ja 5.3), ovat niin siirtoverkon toimivuus kuin myös nimenomaiset palvelut näissä yhteyksissä tarkoitettuja palveluita, koska ne muodostavat sen palvelukokonaisuuden, jonka viestijärjestelmä tarjoaa. Käyttäjänä näissä yhteyksissä tarkoitetaan vain loppukäyttäjää[4], joka hyödyntää viestiverkon palveluita[4]: puheluita, sanomaliikennettä tai datansiirtoa sekä näihin liittyviä erillisiä palveluita. Viestiverkkoa ylläpitävä ja rakentava henkilöstö ei pääsääntöisesti ole tässä tarkoituksessa käyttäjiä, paitsi erikseen hyödyntäessään edellä mainittuja palveluita, vaan he kuuluvat viestijärjestelmän määritelmän mukaisesti osaksi viestijärjestelmää, jota tarkastellaan kokonaisvaltaisena palveluna. Käsiteltäessä testiprosessiin itseensä kuuluvia toimintoja (erityisesti kappaleissa 3 ja 4), laitetestausta tai yksittäisiä testejä sekä testitulosten dokumentointia, käyttäjä tarkoittaa kyseisen toiminnon,

yleensä viestiasemalla tai viestikomppanian komentopaikalla suorittavaa, yleensä viestijärjestelmään operaattorina kuuluvaa, käyttäjää.

Yksittäiset viestijärjestelmät ovat usein yhteen siirtotiesysteemiin ja yhteen, tai useaan toisiinsa täydentävään, siirtoprotokollaan perustuvia kokonaisuuksia, jolloin niiden järjestelmätestaus on selkeämpi kokonaisuus. Kenttäviestijärjestelmä koostuu erilaisia siirtoteitä ja -protokollia käyttävistä osaverkoista joiden päälle rakentuu erilaisia loogisia verkkoja ja palveluita. Koko järjestelmää ei kuitenkaan voida pitää toimivana mikäli yksikin näistä osista toimii vajaasti[1];[3], eli jokaisen osajärjestelmän tulee toimia.

Järjestelmätestauksen teknisten parametrien määrittelyyn liittyvä lähdemateriaali on pitkälti sekä johtamisjärjestelmäalan [9], [14], [15] että yleistä [2], [10], [18], [19] tekniikan peruskirjallisuutta, josta järjestelmäkomponenttien teknisten perusratkaisujen soveltamisella saadaan tuotettua testauksen kannalta olennaiset määritteet. Vaikka osa lähdekirjallisuudesta on tekniikkaa ajatellen vanhaa, yli viisi vuotta, on tekniikka niiltä osiltaan pysynyt samana ja toisaalta myös yhtymän viestijärjestelmä on käytännössä kaikkien keskeisten järjestelmäkomponenttien osalta jopa yli kymmenen vuoden ikäistä.[8], [16]

Lähdeluettelossa mainittujen varsinaisten lähteiden lisäksi olen tutkimuksessa käyttänyt hyväkseni viestikoulutusta antavien joukkoyksiköiden sekä Viesti- ja Sähköteknisen koulun koulutus- ja opetusmateriaalia. Tämän työn kohdeyleisölle ilman erillistä viittausta mukaan otetut viestitekniset ja -taktiset asiat ovat joko viestijärjestelmiin liittyen itsestäänselvyyksiä tai toisaalta täysin irrelevantteja, mikäli tutkimusta tarkastellaan ennemmin testiprosessin vaiheiden ja tulosten kuin viestijärjestelmän ratkaisuiden valossa.

2 JÄRJESTELMÄTESTAUS

Järjestelmätestaus voidaan liittää järjestelmän hankintaan liittyvään tekniseen vastaanottotestaukseen[16], mutta myös jo käytössä olevan järjestelmän normaaliin käyttöön liittyvään toimintaan määritettynä prosessina, jossa varmistutaan järjestelmän toiminnasta.

Järjestelmätestauksessa luodaan yleensä testausympäristö, joka kuvastaa mahdollisimman tarkasti järjestelmän normaaleja toimintaolosuhteita[16];[1]. Käsiteltäessä käytönaikaista järjestelmätestausta voidaan olosuhteiden todeta olevan yleensä järjestelmälle tyypilliset. Eri tyyppisiin harjoituksiin liittyviin ongelmiin ja yksityiskohtiin järjestelmätestauksen kannalta keskitytään luvussa 3.2. Testausympäristön luomat rajoitteet tulee järjestelmätestauksessa kuitenkin aina huomioida ja mahdollisuuksien mukaan raportoida[16].

Järjestelmätestauksen analysoinnissa selvitetään mitä järjestelmän toiminnasta saadaan selville ja pyritään saamaan mahdollisimman hyvä tieto siitä, mikä tieto jää osin tai kokonaan selvittämättä. Kenttäviestijärjestelmän järjestelmätestauksen laatua arvioitaessa voidaan mittarit asettaa joko siten, että niillä saadaan arvioitua järjestelmän suorituskykyä tai luotettavuutta. Luotettavuusarvioinnissa saatua tietoa on usein mielekkäintä arvioida virheiden määränä ajan funktiona ja suorituskykyä taas suhteessa tavoitetilään joka on joko ennalta määriteltä tai tapauskohtaisesti määriteltävä.

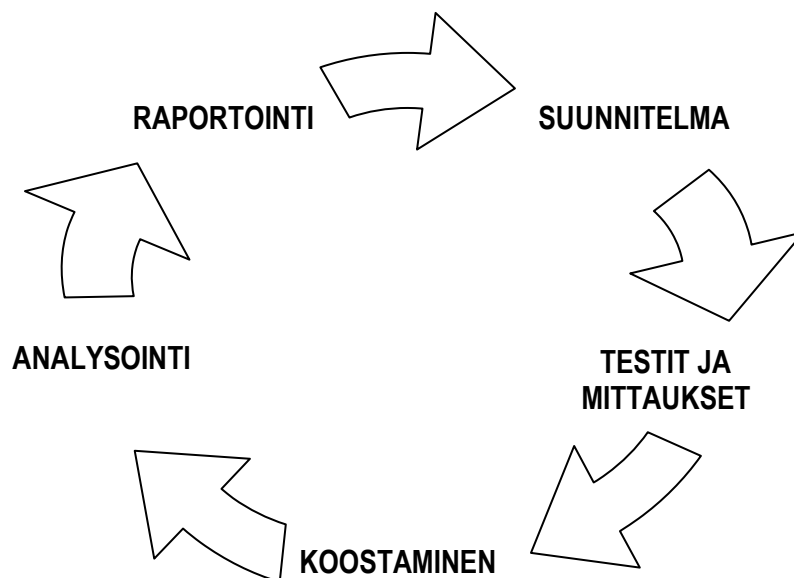
2.1 Järjestelmätestauksen testiprosessi

Järjestelmätestauksessa pyritään tietoisesti hakemaan virheitä (vika, error [4]) tai poikkeamia (puute, fault [4]) järjestelmän toiminnasta. Vaikka järjestelmän toivottaisiinkin olevan virheetön, kertoo virheiden löytyminen testaajan onnistuneen tehtävässään. Järjestelmän testaaminen pyritään peruseriaatteiltaan järjestämään siten, että kaikki virheet löytyvät. Tätä ei välttämättä voida pitää realistisena tavoitteena puhuttaessa laajasta, useita erilaisia siirtoteitä ja päällekkäisiä loogisia verkkoja sisältävästä kenttäviestijärjestelmästä. Käytönaikaista järjestelmätestausta suunniteltaessa ja toteutettaessa voidaankin todeta, ettei kaikkien virheiden löytäminen olekaan välttämätöntä, sillä testaus ei saa kuitenkaan muodostua itsetarkoitukselliseksi ja liian raskaaksi prosessiksi. Käytössä olevan järjestelmän järjestelmätestauksen keskeisenä tavoitteena voidaankin pitää järjestelmän toimivuuden varmentamista sekä mahdollisten vikojen tai ongelmien paikantamista korjaamista varten. Toimivuuden mittareita voidaan

eri olosuhteissa asettaa eri tasoille, ja tällä tavoin saadaan luotua joustava ja tarkoituksenmukaisella tarkkuudella tuloksen antava testausjärjestelmä. [16], [6]

Käytössä olevaa järjestelmää ajatellen järjestelmätestaus voidaan toteuttaa myös käänteisesti. Järjestelmän toimivissa osissa ei ole puutteita tai vikoja, jolloin järjestelmätestauksen perimmäiseen kysymykseen on järjestelmän kyseiseltä osalta vastattu. Käytännössä järjestelmätestausta tapahtuu siis jo yksittäisen yhteyskokeilun aikana, ainakin, mikäli yhteyskokeilun tulos dokumentoidaan siten, että tieto on tarvitsijoiden käytettävissä.

Tässä tutkimuksessa esitetty kenttäviestijärjestelmän testiprosessi etenee operaation vaiheesta toiseen syklinä kuten alla (Kuva 4).



Kuva 4 Järjestelmätestauksen testiprosessi

2.2 Viestijärjestelmän testaus

Käytönaikainen viestijärjestelmän järjestelmätestaus voidaan jakaa karkeasti kolmeen sen mukaan millä tasolla testaus tehdään ja tehdäänkö se muuhun toimintaan liittyen vai erikseen käskettäessä. Järjestelmätestauksen suorittajia ovat viestiasemat ja niihin verrattavat viestijärjestelmän solmu- ja päätepiisteet sekä valvomoasemat. Tietyt järjestelmätestauksen perustason testaukset suoritetaan muuhun toimintaan liittyen ja ne ovatkin riittäviä, kun viestijärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla eikä viestiliikennettä hidastavia tai vaikeuttavia tekijöitä ole löydettävissä. Mikäli viestijärjestelmä ei toimi suunnitellussa laajuudessaan tai sen toiminnassa on viestiliikennettä hidastavia tai vaikeuttavia tekijöitä, on järjestelmätestausaloitettava yksittäisin testein tai kokonaisin testiprosessein, joilla viat kyetään paikallistamaan ja yksilöimään sekä saatujen tietojen perusteella korjaamaan.

	Viestiasema / operaattori	Valvomo
Normaalitoimintaan liittyen	<ul style="list-style-type: none"> - Koestukset - yhteyksien toiminta 	<ul style="list-style-type: none"> - hälytykset - verkon muutokset
Erikseen käskettäessä	Tarkemmin käskettäessä määritettävät testit havaitun vian yksilöimiseksi ja paikallistamiseksi	

Kuva 5 Järjestelmätestauksen kolmijako

Jatkuva tilanteen seuraaminen on johtamistoiminnan perusta kaikilla tasoilla. Viestikomppania saa tilannekuvan luomiseen ja ylläpitämiseen tarvittavat tiedot ylemmältä johtoportaalta, seuraamalla viestikomppanian komentoverkon sisäistä viestiliikennettä sekä yksiköiden välittämien tietojen perusteella. Lisäksi tietoa hankitaan prikaatin eri johtoportailta niille alistettujen viestiasemien siirtojen yhteydessä. Tilannetietoisuudessa erotetaan kolme eri tasoa. Tilannetietoisuuden alimman tason saavuttaminen edellyttää tietoa viestiasemien paikoista ja niiden välisistä yhteyksistä. Toinen taso täyttyy, mikäli johtajalla on käsitys tilanteeseen parasta aikaa vaikuttavista tekijöistä. Tällöin hän kykenee luomaan asiayhteyksiä kokonaisuuden eri osista ja ymmärtää asioiden vaikutussuhteet. Viestikomppaniassa tämä tarkoittaa viestiverk-

kojen käyttäjien tarpeiden ja vihollisen toiminnan yhdistämistä viestiverkojen tilanteeseen sekä niistä tehtäviä johtopäätöksiä. Kolmas taso täyttyy, mikäli johtajalla on käsitys tulevasta tilanteesta.[17]



Kuva 6 Järjestelmätestauksen vaikutus tilannetietoisuuteen

Viestikomppanian päällikkö ei kykene saavuttamaan edes tilannetietoisuuden ensimmäistä tasoa, mikäli järjestelmätestaus ei toimi. Komppanianpäällikön tulee ohjeistaa alaisensa suorittamaan järjestelmätestausta ja dokumentoimaan tulokset laaditun testaussuunnitelman mukaisesti. Kun järjestelmätestaus tehdään käsketyksi ja testisuunnitelma on laadittu kulloinenkin tilanne huomioden, saavuttaa viestikomppanian päällikkö tilannetietoisuuden kolmannen tason ainakin viestijärjestelmän teknisen valmiuden osalta.

Järjestelmätestaus on mielekästä sitoa muuhun toimintaan mahdollisimman tiiviisti, jotta siitä ei muodostu liian raskasta, vaan se tulee suoritettua hyvin. Järjestelmätestauksen tulokset on helpointa toimittaa osana tilanneilmoituksia viestikomppanian komentopaikalle. Tilanneilmoituksia ovat määräaikainen tilanneilmoitus, muutosilmoitus ja pikatilanneilmoitus. Määräaikaisessa tilanneilmoituksessa selvitetään joukon taisteluvalmius ja kyky täyttää tehtävänsä sekä viestiverkkojen rakenne. Kerran vuorokaudessa laaditaan määräaikainen ilmoitus sekä muutosilmoitus joka laaditaan myös tilanteen muuttuessa. Muutosilmoitukseen sisällytetään vain tarvittavat tai muuttuneet asiakohdat. Ilmoitusrytmi käsketään erikseen esimerkiksi seuraavasti, tilanneilmoitus illalla ja muutosilmoitus aamulla. Pikailmoitus annetaan esimerkiksi hyökkääjän toiminnasta tai muusta merkittävästä tapahtumasta. Viestikomppanian komentopaikalla laaditaan komppanian tilanneilmoitus ylemmille johtoportaille viestijoukkueilta saatujen tilanneilmoitusten pohjalta.

Järjestelmätestaukseen liittyviä tietoja tilanneilmoituksissa lähetettäväksi ovat esim.:

- viestiverkkojen rakenne
 - o televerkko (verkkokuvat)
 - o sanomalaiteverkko
- vihollisen toiminnan vaikutukset omaan toimintaan
 - o esim. jos verkko muuttuu tai reservissä oleva linkki tuhoutuu
- suuret muutokset toiminnan senhetkiseen vaiheeseen
- toimintaan vaikuttavat kalustovauriot
- viestihuollon järjestelyt ja –tilanne [17]

Joista tekniseen järjestelmätestaukseen liittyvät etenkin verkon kuvan muutokset jotka johtavat joka tapauksessa järjestelmätestaukseen.

2.3 Järjestelmätestauksen dokumentointi

Järjestelmätestauksen alkukriteereiksi voidaan asettaa testaussuunnitelman, testausohjeen ja tarvittavien lomakkeiden olemassaolo ja vikaraportoinnin järjestelyiden suunnittelu ennen testausta.[16] Jotta järjestelmätestausta voidaan tehokkaasti suorittaa, tulee siis sen dokumentointi kaikissa vaiheissaan olla valmiiksi mietittyä. Järjestelmätestauksen dokumentaation tavoitteena on kyetä myöhemmässä vaiheessa todentamaan, miltä osiltaan järjestelmä on tietynä ajanhetkenä toiminut tai millä ajanhetkellä järjestelmä on viimeksi tai ensimmäisen kerran ollut tietyssä toimintakunnossa. Koska järjestelmätestauksen yleiseen ideologiaan kuuluu nimenomaisesti virheiden löytäminen, on niiden poissulkemisenkin dokumentaatio merkittävää.

Järjestelmätestauksen dokumentoinnista annetut ohjeet linjaavat myös järjestelmätestauksen suorittamista. Kun järjestelmätestausta suoritetaan käytössä olevalle järjestelmälle, sillä pyritään käytännössä poissulkemaan virheet, eli todentamaan järjestelmän toimivuus. Järjestelmätestauksen avulla saadun tiedon järjestelmän tai sen osan toimivuudesta on oltava luotettavaa ja yksiselitteistä. Mikäli järjestelmätestausta ja sen dokumentaatiota ei ohjeisteta tehtäväksi tietyllä tavalla, tietoja tarvitsevan johtajan ei ole kaikissa olosuhteissa mahdollista saada tarvitsemaansa tietoa riittävän nopeasti, luotettavasti ja yksiselitteisesti.

Järjestelmätestauksen dokumentointi palvelee ensisijaisesti viestikomppanian päällikköä sekä lisäksi esikunta- ja viestipataljoonan esikuntaa. Viestikomppanian komentopaikalla kootaan viestiasemien toimittamista testituloksista tieto viestijärjestelmän tilanteesta. Kun järjestelmätestauksen asiat sisällytetään muutosilmoitukseen, saadaan vähintään kerran päivässä viestikomppanian komentopaikalle vahvistus jokaiselta viestiasemalta siitä, että kaikki toimii suunnitellusti. Lisäksi muutosilmoitukset on käsketty tehtäväksi aina tilanteen muuttuessa, joten toimintahäiriöt ja niiden korjaantuminen tiedotetaan välittömästi komentopaikalle.

3 YHTYMÄN VIESTIJÄRJESTELMÄ YVI2 TESTIYMPÄRISTÖNÄ

Kenttäviestijärjestelmä on yhtymän tietoliikennealustan perusta, joka mahdollistaa muun tiedonsiirron[15]. Se on luonteeltaan alueellinen palvelujärjestelmä, millä tarkoitetaan sitä, että verkon viestiasemilla muodostetaan yhtymän alueelle maantieteellisesti riittävän kattava runkoverkko. Alueellinen järjestelmä ei siten ole sidottu mihinkään tiettyyn paikkaan tai organisaatioon, vaan sen toiminta-alue ja käyttötapa määräytyy kulloisestakin yhtymän vastuualueesta ja taktisesta tilanteesta[9]. Tilaajat ja tilaajaryhmät voivat liittyä järjestelmään suoraan omalla pääte- ja liityntäkalustollaan. Alueellisen järjestelmän osia voidaan alistaa pysyvästi tai tilapäisesti tilanteen niin vaatiessa tuettaville joukoille, jolloin osalla järjestelmän viestikeskuksista muodostetaan alueellinen runkoverkko ja osa keskuksista tukee pysyvästi samoja käyttäjäryhmiä.

Kenttäviestijärjestelmän palvelut vaihtelevat yksinkertaisista yhteyspalveluista erityyppisten tilannetietojen jakeluun ja yhdyskäytäväpalveluihin eri järjestelmien välillä [9][15]. Järjestelmä koostuu tietoliikennejärjestelmästä ja verkonhallintajärjestelmästä. Tietoliikennejärjestelmä käsittää tilaajaliitynnän, kytkennän ja välityksen sekä välitysjärjestelmän[19]. Kenttäviestijärjestelmän tärkeimmät toiminnalliset parametrit ovat [9]:

- Keskuksen reitityskapasiteetti, eli samanaikaisesti muodostettavissa olevien yhteyksien määrä ja yhteydenmuodostukseen kuluva aika.
- Keskuksen välityskapasiteetti, eli samanaikaisesti toiminnassa olevien yhteyksien määrä.
- Tilaajaliitynnän maksimisiirtonopeus ja kapasiteetti. Piirikytkentäisillä yhteyksillä siirtonopeus ja siirtokapasiteetti ovat samoja, mutta pakettikytkentäisen yhteyden hetkellinen siirtonopeus voi olla keskimääräistä siirtonopeutta suurempi.

- Yhteyden laatu; yhteyden muodostumisen ja säilymisen luotettavuus sekä siirtovirheiden määrä. Tähän liittyvät verkon redundanttisuus ja vaihtoehtoisten välitysreittien kytkentänopeus sekä yhteyksien valvonta.
- Tilaajaliityntöjen määrä, tyyppi ja tekniset ominaisuudet
- Verkkoelementtien liikekyky, erityisesti kyky omatoimiseen liikkumiseen ilman etukäteissuunnittelua sekä kyky valvoa itsenäisesti muodostuvaa verkkoa.

Yleisin kenttäviestijärjestelmissä käytettävä standardi on EUROCOM D/1, joka määrittelee digitaalisen taktiseen käyttöön tarkoitetun televerkon tärkeimmät ominaisuudet kuten tilaajamerkinannon, tilaajalaitteiden liityntärajapinnan sekä käytettävän reitityksen ja numeroinnin. EUROCOM-järjestelmissä informaatio välitetään 16 kbps bittivirtana koodattuna yksibittiseen muotoon ja ryhmiteltynä 256, 512, 1024 tai 2048 kbps kehyksiin.[9]

Kenttäviestiverkon reititys- ja välitysominaisuuksista vastaa keskus. Reitityksellä tarkoitetaan piiri- tai pakettikytkentäisen yhteyden muodostamisvaiheessa tapahtuvaa päättelyä siitä, mitä reittiä pitkin yhteys pitäisi muodostaa. Välityksellä tarkoitetaan yhteyden muodostamisen jälkeistä puhe- ja datamuotoisen informaation välittämistä tilaajalta toiselle. Kenttätelejärjestelmien numerointimalli ja reititysalgoritmi on suunniteltu pitäen silmällä sitä, että verkon topologia muuttuu hyvinkin nopeasti sekä verkon liikkumisen että vaurioitumisen myötä. Muuttuvan verkkotopologian ja tilaajien siirtymisen vuoksikenttäviestiverkoissa käytetään tulvahakuun perustuvaa reititystä [9] [19]. Siinä yhteyden muodostava keskus lähettää kaikille naapurikeskuksille reitityspyynnön. Pyynnön saanut keskus tarkistaa tietokannastaan, löytyykö etsitty tilaaja sen alueelta. Jos tilaajaa ei löydy tietokannasta, keskus välittää reitityspyynnön edelleen kaikille omille naapureilleen, paitsi sille keskukselle, jolta pyyntö tuli. Näin reitityspyynnot leviävät nopeasti koko verkkoon.

3.1 YVI2

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on kenttäviestijärjestelmä, jolla luodaan prikaatin sotatoinnissa tarvittavat kenttäviestiyhteydet. Järjestelmällä luodaan viestipalvelut koko yhtymän tulenkäytön, tiedustelun ja johtamisen viestiyhteystarpeisiin.

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on panssaroiuihin viestiasema-ajoneuvoihin tai maasto-kuorma-autolla liikutettaviin viestiasemakontteihin kiinteästi asennettu järjestelmä, joka koostuu kenttäteleverkosta, sanomalaiteverkosta, liikkuvia tilaajia palvelevista radioliitännöistä sekä suunnittelu- ja valvontaosasta. Järjestelmään luetaan kuuluvaksi myös sen rakentamisesta ja ylläpitämisestä vastaava henkilöstö sekä järjestelmän suunnittelun ja käytön ohjeistus. [8] Myös valvonnan ja testauksen järjestelyt ovat olennainen osa viestijärjestelmää. Viestiasemien perusvarustelu on kaikissa viestiasemissa samanlainen, eri asematyypeillä on perusvarustelun lisäksi asematyyppikohtainen varustelu. Asematyyppeinä on viestiasema E (HQ-asema) verkon suunnittelu- ja valvonta-asema, viestiasema 1 (V1, C1) keskussanomalaitekalusto, viestiasema 2 (V2, C2) liikkuvan tilaajan analoginen liityntäjärjestelmä, viestiasema 3 (V3, C3) liikkuvan tilaajan digitaalinen liityntäjärjestelmä, ilmatorjunnan viestiasema (V4, C4) ilmatorjuntapatteriston erikoisvarustelu.



Kuva 7 Valmiusprikaatin viestijärjestelmä[17]

Viestiasemalla on perusvarusteluna keskus liityntälaitteineen sekä laitteet linkki- ja valokaapeliyhteyksiä varten. Taulukko 1 sisältää YVI2-viestiasemien keskeisen perusvarustelun, joka mahdollistaa viestiverkon solmun muodostamisen kahdella linkki- ja kolmella valokaapeliyhteydellä. [8]

Kalustonimike	Määrä	Tyypimerkintä	Huom
Keskus	1	CD115E	
Keskuksen ohjauspääte	1	FC	
Radiolinkki	2	MH313/S	
Radiolinkin ohjauspääte	2	AS107	
Puheensalaaja	2	ESL-701	Huoltopuhelimen salaus
Salaamislaite	2	CD410	Linkkiyhteyden salaus
Masto	1	EXL167	24m
Valokaapelipääte	2	ML2F	
Antenni	2	MVP15	

Taulukko 1 YVI2-viestiaseman perusvarustelu

YVI 2 kenttäviestijärjestelmän runkoverkko koostuu italialaisen Marconi S.p.A.:n (nyk. Selex Communications S.p.A.) valmistamasta keskuksesta CD115E ja sen ohjauspäätteestä sekä siirtotienä käytettävistä Marconi S.p.A.:n kenttälinkki MH313/S ja sen ohjauspääte AS107 ja Nokian valmistamasta valokaapelipäätteestä ML2F ja kenttävalokaapelista. Kenttäviestijärjestelmän runkoon liitetään esikuntapanssariajoneuvoja (EPA), joissa on MPS- (Multi-Protocol Switch) ja CD145 keskukset ja komentopanssariajoneuvoja (KOPA), joissa keskuksena on Marconi S.p.A.:n CD115E. [17] Viestiasemien lisäksi keskuksia on sijoitettu myös prikaatin esikuntaan, jääkäripataljooniin, tykistöpatteristoon ja huoltopataljoonaan.[11]

Valmiusprikaatin suunnitteluprosessiin ja taistelun johtamiseen käytetään tietoverkkoja, jotka toimivat itsenäisinä, mutta niiden siirtoteinä käytetään kenttäviestiverkon yhteyksiä. Valmiusprikaatin keskeisimmät tietoverkot ovat SusiNet, Johla-08, AHJO, Pionla ja Suola, jotka muodostavat maavoimien tietojärjestelmän (MATI1). Prikaatin esikunnan tiedonsiirtoalustana toimii esikunnan tietoverkko (ESTIVE)[17], jonka perusosana on EPA:issa olevat MPS-keskukset.

Kenttäviestiverkko voidaan jakaa välitystekniikan mukaan piiri- ja pakettikytkentäiseen verkkoon. Piirikytketyn verkon keskus mahdollistaa järjestelmä- ja kanavatasoiset liittymät. Järjestelmätason liittymät ovat deltamoduloituja[2] [19] 512 – 2048 kbit/s siirtonopeudella. Kanavatasoinen liittymät ovat analogisia ja digitaalisia päätelaiteliityntöjä ja dataliittymiä. Kanavan deltamodulointi tehdään nykyisin 1024 kbit/s järjestelmänopeuden saavuttamiseksi nopeudella 32 kbit/s. Pakettikytkentäistä verkkoa käytetään lähinnä asemakäskeyjen välittämiseen viestiasemille ja siinä voidaan käyttää tiedonsiirtoprotokollana joko X.25 tai asynkronista X.28 -standardin mukaista protokollaa.[8], [10]

Siirtojärjestelminä viestijärjestelmän runkoverkossa ovat linkki ja valokaapeliyhteydet, ja liityntäverkossa myös erilaiset kaapeliyhteydet ja kenttäradiot.

Tulikomentojen välittämiseen ja johtamistoimintaan käytetään myös sanomalaiteverkkoa. Myös sanomalaiteverkossa käytetään siirtotienä kenttäviestijärjestelmän yhteyksiä. Sanomalaiteverkko muodostaa loogisen verkon[7], jonka runko muodostuu Nokian sanomalaiteperheeseen kuuluvia keskussanomalaitteista (KSL) ja niihin liittyvistä sanomalaiteista (SANLA) ja partiosanomalaitteista (PARSA). Radioverkossa päätelaitteina on valmiusyhtymillä Tadiran:n digitaalisia LV141, LV241, LV341 lähetinvastaanottimia ja mekanisoidulla taisteluosastolla vanhempia analogisia LV217, LV217M, LV317 lähetinvastaanottimia.

Valmiusprikaatissa on 18 keskussanomalaitetta, jakaantuen seuraavasti:

- jääkäripataljoonissa 3 x 2 keskussanomalaitetta
- tykistöpatteristossa 1 keskussanomalaite
- ilmatorjuntapatteristossa 2 keskussanomalaitetta
- esikunta- ja viestipataljoonassa 9 keskussanomalaitetta joista
 - o tiedustelukomppaniolla 2 keskussanomalaitetta
 - o esikuntakomppaniolla 1 keskussanomalaite
 - o viestikomppaniolla 6 keskussanomalaitetta (V1-asemissa)[17]

Viestikomppanian keskussanomalaitteet on sijoitettu V1 -tyyppisille viestiasemille. V1-asemilla muodostetaan kenttäviestiverkon järjestelmä- ja kanavatasoinen solmu- ja liityntäpisteiden lisäksi sanomalaiteverkon runko. Kolmesta kuuteen keskussanomalaitetta liitetään renkaaksi, johon liitetään yhtymän alajohtoportaiden keskussanomalaitteet sekä tukiasemat, joiden kautta sanomalaiteella varustettu liikkuva tilaaja saa käyttöönsä sanomalaitejärjestelmän palvelut.[7][8]

V2-asema tarjoaa kenttäteleverkon yhteyksiin VHF-radioliittynän. Kenttäradiolla varustettu liikkuva tilaaja voi tilata puheella yhteyden haluamaansa televerkon tilaajanumeroon. Yhteyttä ei ole varustettu salaamislaitteella. V2-aseilla on viestiaseman perusvarustuksen lisäksi kolme analogista kenttäradiota (yksi LV317M ja kaksi LV 217M), sanomalaite ja kolme digitaalista kenttäpuhelinta, ET-10.

V3-aseilla muodostetaan liikkuvalla digitaalisen kenttäradion käyttäjälle televerkon langaton liityntä. Tilaajan digitaalinen kenttäradio vaatii ohjausyksikön, jonka kautta tilaaja voi tehdä numerovalinnan televerkkoon. V3-aseilla on viestiaseman perusvarustuksen lisäksi yksi analoginen radio (LV217M) ja neljä digitaalista kenttäradiota (LV241) sekä sanomalaite, digitaalinen ET-10 ja analoginen P-90 kenttäpuhelin

V4-tyyppiset asemat muodostavat edellytykset ilmatorjunnan johtamistoiminnalle tuomalla ilmapuolustuksen viestiyhteydet it-liityntäpisteeltä ilmatorjunnan johto-osille. It-liityntäpisteen läheisyydessä voi olla mikä vain viestiasematyyppejä, joka muodostaa it-liityntöjä varten kiinteät yhteydet it-johtoportaat liittäväan V4-asemaan. V4-aseilla on lisävarustuksena tuliasemapäätte, kaksi analogista kenttäradiota, sanomalaite, sekä kaksi digitaalista kenttäpuhelinta ET-10 ja kenttäpikapuhelinjärjestelmä Matel.[8]

3.1.1 Järjestelmävalvonta ja järjestelmätestaus

Viestijärjestelmän testaamisen kannalta keskeisiä toimijoita ovat viestipäivystäjä ja valvomojoukkue jotka tuottavat viestikomppanian päällikölle ajantasaisen tiedon viestijärjestelmän toiminnasta. Viestiryhmän- ja viestikeskusjoukkueen johtajien roolit korostuvat ongelmatilanteissa vian paikallistamisessa ja korjaamisessa.

Viestisuunnittelun ja – johtamisen henkilöstö ja näiden tehtävät jakautuvat järjestelmätestauksen kannalta seuraavasti [17][20]:

- Prikaatin esikunta
 - o Viestipäällikkö
 - laatii prikaatin johtamisjärjestelmäalan toiminta-ajatuksen, jonka perusteella hän käskyy alajohtoportaat → resurssien järjestäminen
 - pitää prikaatin komentajan, aselajipäälliköt sekä ylemmän johtoportaan viestipäällikön selvillä yhtymän viestitilanteesta ja viestitoiminnan suoritushmahdollisuuksista.

- käskee toiminnan aikana perusteiden muutokset EVP:lle ja muille alajohtoportaille tilanteenmukaisena taistelunjohtamisena
- Tietotekniikkaupseeri / operatiivinen toimisto
 - seuraa tietojärjestelmien tilannetta
 - vastaa tietojärjestelmien suunnittelusta
- Tilanneupseeri (vi) / tilannekeskus
 - vastaa tilannekuvan jakamisesta (viestin osalta) esikunnan eri osille
- Esikunta- ja viestipataljoonan esikunta
 - Prikaatin viestiverkkojen suunnittelu
 - viestiverkkojen rakentamisen ja ylläpitämisen perusteet
 - viestiverkkoihin liitettävät johtamispaikat
 - V1-asemien toiminta-alueet (sanomalaiteverkon painopiste)
 - perusteet kenttäviestiverkon varmentamiseksi, eli silmukoivien viestiasemien toiminta-alueet
 - ylemmän johtoportaan ja naapurien viestiverkkoihin liittymisen käytännön järjestelyjen suunnittelu
 - ilmapuolustuksen ja johtoon otettujen johtoportaiden liittäminen valmiusprikaatin viestiverkkoihin.
 - valmiusprikaatin tietoverkkojen verkkorakenteen ja yhteyksien toteuttamistavan suunnittelu
 - reitittimien ja vastaavien alustustietojen koordinointi
 - PrE (EPA), TykPsto (TUPA) ja JP (KOPA)
- Viestikomppania
 - Viestiverkkojen käytännön toteutuksen suunnittelu
 - viestiverkkojen rakentamisen ja ylläpidon johtaminen
 - viestiverkon taistelujohtaminen (viestiasemien siirrot ja verkon silmukointi ja korvaaminen)
- Valvomo
 - televerkon viestitekkinen suunnittelu ml. tilaajat
 - viestiverkkojen toimintakunnon valvonta ja vikojen korjauksen johtaminen
 - viestiasemien siirtoihin ja korvaamiseen liittyen viestiverkon tekninen suunnittelu ja käskytyk

- tietoverkkojen siirtoteiden suunnittelu
- tilapäisten reitittimien välisten yhteyksien luominen alajohtoportaiden tilausten mukaan
- Viestikeskusjoukkueen johtaja
 - Viestiryhmien viestiteknisten toimintaedellytysten luominen ja valvonta
 - viestiyhteyksien rakentamisen johtaminen

Prikaatin johtamisyhteyksien (viestiverkot) rakentamisen vaiheet ovat suunnittelu ja tehtävään valmistautuminen sekä viestiverkkojen rakentaminen ja ylläpito. Viestiverkkojen rakentamista tukevat suunnittelun ja johtamisen, johtamisen tuen sekä taistelun johtamisen prosessit[17]. Suunnitteluprosessin aikana suunnitellaan operaation viestitoiminnan toteuttaminen, mukaan lukien järjestelmätestaus. Taisteluiden johtaminen on olemassa olevan viestiverkon tilanteen mukaista johtamista, jonka tavoitteena on viestitoiminnan toimintakyvyn ylläpito. Johtamisen tuki on tilanteen seuraamista, tilannekuvan muodostamista ja jakamista kaikille tarvitsijoille.

Viestiverkon tekninen suunnittelu voidaan jakaa kenttäteleverkon, sanomalaiteverkon, tietojärjestelmien ja radioyhteyksien suunnitteluun[8], sekä maavoimien tietojärjestelmän kehityksen myötä myös tietoverkkojen suunnitteluun.

Kenttäviestijärjestelmissä verkon suunnitteluohjelmisto on olennaisen tärkeä verkon käytön tukiväline, joka sisältä verkon uudelleenorganisointiin liittyvät suunnittelu- ja simulointitoiminteet. Verkkosuunnittelun tehtävänä on suunnitella ja valmistella viestiasemien sijainti niin tilaajakapasiteetin riittävyyden kuin transmissioyhteyksien luomisenkin kannalta. Suunnitteluohjelma laskee radioyhteyden linkkibudjetin digitaalisen maastokartan avulla ja voi ehdottaa vaihtoehtoisia sijoituspaikkoja yhteyden laadun parantamiseksi tai elektronisen suojautumisen tehostamiseksi. Lisäksi verkkosuunnittelun on optimoitava verkon topologia elektronisen ja fyysisen asevaikutuksen keston maksimoimiseksi. Optimoinnissa voidaan käyttää hyväksi simulointia, jossa suunniteltua verkkoa arvioidaan siirtokapasiteetin, taistelun keston, tiedusteltavuuden, tukiasemien peittoalueiden kattavuuden yms. teknisten ja toiminnallisten seikkojen perusteella pohjalta.[9]

Kenttäviestiverkon verkonhallintalaitteistoihin kuuluu SEP-taso (System Executive and Planning), OSC-taso (Operational System Control) ja FC-taso (Facility Control). Näistä SEP-tason työasemat on 1. ja 2. telesuunnitteluryhmillä, joilla suunnitellaan verkon tekninen toteutus. OSC-tason työasemat ovat 1. ja 2. televalvontaryhmällä, jotka ovat kiinni viestiverkossa. SEP-aseilla tehty viestiverkon suunnitelma siirretään OSC-työasemille, jotka käsittelevät suunnitelman verkon laitteille sopivaan muotoon[8]. OSC-työasemat keräävät kenttäviestiverkon keskuksilta ja radiolinkeiltä tilatiedot ja lähettävät ne SEP-koneille verkon tilannekuvaa varten. OSC-tason tietokoneilla voidaan verkon kautta myös ohjata suoraan kenttäviestiverkon keskuksia ja linkkejä. Verkonkuvatietojen ja etenkin kriittisten hälytysten vuoksi verkon valvontavastuu jaetaan yleensä kahden tai useamman OSC-koneen valvottavaksi[8]. Käytännössä OSC-koneen vasteaika verkonkuvatietojen ja kriittisten hälytysten suhteen on jaetussakin verkossa moninkertainen Kenttäviestijärjestelmäoppaan esittämään. Mikäli OSC-koneen vasteaika olisi kahdella valvovalla asemalla oppaan lupaama 2-5 minuuttia, ei erillisin toimenpitein järjestettävälle järjestelmätestaukselle olisi lainkaan niin suurta tarvetta. Kuitenkin kahdenkymmenen minuutin luokkaa oleva vasteaika on alati muuttuvassa viestiverkossa aivan liian suuri.

FC-tason toimintoja varten on kaikilla viestiasemilla keskuksen ohjaamista varten tietokone. Ohjaustietokoneella voidaan asetusten syöttämisen lisäksi myös selvittää keskuksen tilatietoja, mikä on asematasolla tehtävän järjestelmätestauksen perusedellytys. SEP-aseilla tehtävä tekninen suunnittelu luo perustan myöhemmälle valvonta- ja testaustoiminnalle valvontaryhmien osalta, sillä verkon valvonta vastuu jaetaan OSC-aseille teknisessä suunnittelussa. Järjestelmätestauksen yhteydessä nähdään rakennettujen linkkijänteiden todellinen laatu[16]. Vertaamalla tuloksia SEP-ohjelmalla suunniteltuun, voidaan arvioida ohjelman toimivuutta ja suunnitellun verkonkuvan realistisuutta.

Verkonhallinnan perustehtävä on järjestelmäkomponenttien, kuten keskuksen ja kanavointilaitteiden, radiolinkkien ja pakettikeskusten toiminnan valvonta ja ohjaus. Verkonhallinta muodostaa ja ylläpitää sekä esittää verkon tilannekuvan, joka sisältää tiedot verkon topologiasta, kuormituksesta, hälytyksistä yms. verkon hallitsemisen kannalta keskeisistä seikoista. Tilannekuva esitetään yleensä solmutasoisena karttapohjalla, mikä mahdollistaa myös verkon suunnittelun sitomisen maastoon. Verkkoelementtien ohjauksen ja valvonnan lisäksi verkonhallinnan vastuualueeseen kuuluvat tilaajaprofiilien ja muiden tilaajatietojen hallinta sekä tilaajien liittymisen ja tilaajaliittymän hallinta. Tyypillisesti tilaajatiedot on hajautettu keskus-

kohtaisesti, mutta niiden hallinta suoritetaan keskitetysti. Verkon suunnitteluun ja hallintaan liittyvät tilastointi ja raportointipalvelut käsittävät muodostetun tai suunnitellun verkon ominaisuuksien tarkkailua ja verkon toiminnan analysointi sekä käyttäjä, että verkkotasolla. Tilastoitavia parametreja ovat esimerkiksi tarjottu liikenne, keskimääräinen kutsuesto, eri syistä epäonnistuneiden yhteydenmuodostusyritysten määrä ja ruuhkahuippujen kesto[9].

Valmiusprikaatin viestitoiminnan järjestelyistä vastaa esikunta- ja viestipataljoonan viestikomppania, joka rakentaa, ylläpitää ja valvoo viestiverkkoa. Viestikomppanian organisaatioon kuuluu valvomojoukkue, jonka tehtäviin kuuluu viestijärjestelmän suunnittelu ja valvonta viestikomppanian päällikön antamien perusteiden mukaisesti. Suunnitteluprosessi vaikuttaa järjestelmätestauksen soveltamiseen, mutta on sen teknisen toteutuksen ja dokumentoinnin kannalta epäolennaista. Valvomojoukkue kykenee tuottamaan viestikomppanian päällikölle monesti nopeimmin tiedon verkon teknisestä suorituskyvystä ja tilanteesta. Järjestelmätestaukseen ei kuitenkaan voida kokonaan jättää valvomoryhmille, sillä mikäli viestiverkon solmulla tai viestiasemalla on teknisiä ongelmia siirtoteiden toiminnassa, valvomossa voidaan mahdollisesti todeta vain viestiaseman puuttuminen verkosta, eikä sen tilanteesta saada välttämättä tarkempaa tietoa. Viestijärjestelmän valvontaa ei siis voida kokonaan sivuuttaa puhuttaessa järjestelmätestauksesta, mutta tulee muistaa valvonnan olevan vain osa järjestelmätestauksen kokonaiskenttää.

Sanomalaiteverkon hallintaa varten järjestelmässä on kaksi verkonhallintatietokonetta (VEHA), joilla suunnitellaan sanomalaiteverkon tekninen toteutus, laaditaan asemakäskyt ja valvotaan keskussanomalaitteiden toimintaa. Verkonhallintatietokoneella voidaan myös verkon välityksellä ohjata yksittäisen keskussanomalaitteen toimintaa[7][8].

Tietojärjestelmäverkkoja hallitaan omilta valvontatyöasemiltaan, joilla voidaan valvoa soveluksia ja niiden käytössä olevia tietoliikenneyhteyksiä sekä tehdä niihin tarvittavia muutoksia.

Viestiverkkojen teknisen suunnittelun ja käskyttämisen tekee siis YVI-verkon osalta SEP-ryhmä ja sanomalaiteverkon osalta VEHA -suunnitteluryhmä. Nämä ryhmät suunnittelevat viestiverkkojen tulevat muutokset ja käskyttävät muutokset viesti- ja keskussanomalaiteryhmillä. Nämä muutokset ovat viestitekniisiä ja koskevat esimerkiksi asemien taajuuksia, antennisuuntia ja johtoportaan keskussanomalaitteen liittämistä sanomalaiteverkon runkoon. Kaikki kenttäviestiverkon viestiasemat ovat televalvontaryhmien OSC- asemien teknisessä valvonnassa. OSC- asemat valvovat viestiasemien tilaa ja korjaavat niihin tulevia vikoja. Viestiverkon vikatapauksissa johtoporras ottaa yhteyttä sitä valvovaan OSC-asemaan.[17], [8].

Järjestelmän valvontaa ja järjestelmätestausta tehdään paitsi valvonta-asemilla myös viestiasemilla osana normaalia toimintaa, oman viestiaseman yhteyksiin liittyen. Lisäksi viestiasemille voidaan käskää erikseen tehtäväksi järjestelmätestausta (katso Kuva 5) liittyen viestijärjestelmän muuhun järjestelmätestaukseen siten, että näillä testeillä kyetään varmentamaan tai täydentämään muualta saatuja järjestelmätestauksen tuloksia.

3.1.2 Järjestelmätestauksen toimintamalli

Jotta järjestelmätestaus saadaan toteutettua johdetusti, tulee viestijärjestelmän järjestelmätestauksesta laatia testisuunnitelma, jossa määritetään testattavat kohteet, testaaja ja tavanomaisesti mahdollisesti poikkeavat testauskriteerit. Testattavia kohteita ovat pääsääntöisesti kaikki viestijärjestelmän osat, mutta testauksen suunniteltu porrastaminen on monesti tarkoituksenmukaista. Viestipäällikön laatima johtamisjärjestelmäalan toiminta-ajatus[20] (ent. viestitoiminnan perusajatus) antaa järjestelmätestauksen tärkeysjärjestykselle suuntaviivat, esikunta- ja viestipataljoonan esikunta jalostaa niiden perusteella testaus suunnitelman tai sen rungon ja viestikomppanian päällikkö jakaa testausvastuun valvomoille ja viestiasemille ja mahdollisesti tarkentaa testisuunnitelman runkoa tarvittavilta osiltaan. Viestijärjestelmän käyttötestausta tehdään kaikilla organisaatiotasolla. Viestiaseman päällikkö (viestiryhmän johtaja) vastaa asemallaan järjestelmän testaamisesta. Valvomoasemat saavat osan testituloksista suoraan omilta työasemiltaan ja vastaavat testitulosten koostamisesta.

Rakennettujen kenttätele- ja sanomalaiteverkkojen valvonnasta ja niissä ilmenevien vikojen korjaamisen johtamisesta vastaavat televalvonta-[8] ja VEHA-[7][8] suunnitteluryhmät, jotka sijoitetaan yleensä viestikomppanian komentopaikalle tai sen välittömään läheisyyteen. Kenttäviestiverkon rakentumisen aikana viestiasemat ilmoittavat kenttäviestiverkkoon liittymisestä kutakin viestiasemaa valvovalle OSC:lle ja viestikomppanian komentopaikalle. Käskeytyjen aikarajojen ylittyessä OSC tiedustele viestiasemalta ryhmän tilannetta. OSC pitää viestiasemaan yhteyttä sanomalaitteella tai puheella viestikomppanian komentoverkon välityksellä. Tietoa kenttäviestiverkon valmistumisesta kerätään:

- asemien ilmoituksilla OSC:lle
- verkonvalvonnan toimenpitein (hälytyksien kerääminen)
- alajohtoportaiden ilmoituksilla ja
- viestikomppanian päällikön ja joukkueenjohtajien ilmoituksilla.

Viestiverkkoa valvovat OSC-asemat ilmoittavat kaikki kenttäviestiverkon valmistumiseen liittyvät tiedot viestikomppanian komentopaikalle. Komppanian päällikkö saa OSC:n ilmoitusten lisäksi tietoa verkon rakentumisesta joukkueenjohtajilta, verkkoon liittyneiltä alajohtoportailta sekä seuraamalla viestikomppanian komentoverkon liikennettä. Viestiverkkojen rakentumisen aikana OSC valvoo kenttäviestiverkossa olevista viestiasemista ainakin:

- verkon toteutumista SEP:n suunnitelman mukaisesti
- radiolinkkien taajuuksia
- radiolinkkien lähetystehojen oikeaa käyttöä
- asemien valmistumista
- tilaajaryhmien liittymistä verkkoon
- laitehälytyksiä
- yhteyksien kuntoa ja laatua

Havaittaessa epäkohtia korjataan asia välittömästi ja annetaan palaute viestiasemille. Käytännössä OSC-asemat saavat pääosan järjestelmätestauksen tiedoista alustavasti tässä yhteydessä, jonka jälkeen tietoja täydennetään asemien ilmoitusten mukaan.

Sanomakeskukset (V1-asetat) ilmoittavat VEHA-suunnitteluryhmälle omien asemiansa liittymisen kenttäviestiverkkoon ja runkoyhteyksien avautumiset. Ilmoitukset tehdään puhelimitse, koska samalla voidaan vaihtaa tietoja sanomalaiteverkon tilasta ja tulevista tapahtumista. Suullisten ilmoitusten lisäksi VEHA-suunnitteluryhmä saa edellä mainitut tiedot VEHA-ohjelman välityksellä automaattisesti. Saamiensa ilmoitusten perusteella verkonsuunnitteluryhmä pitää yllä verkkokuvaa ja johtaa sanomalaiteverkon rakentumisen aikaista vikojen korjaamista[17]. Kuten OSC-asemien kohdallakin, VEHA-ryhmä on automaattisesti osin tietoinen testauksen tuloksista, mutta saatuja tietoja täydennetään asemien ilmoituksista.

Viestiaseman vikaantuessa tai joutuessa asevaikutuksen kohteeksi johtaa aluevastuussa oleva viestikeskusjoukkueen johtaja viestiaseman elvyttämisen aloittamisen.[17] Kuten järjestelmätestauksen yleisestä viitekehuksesta (Kuva 1) voidaan todeta, viestiverkon muutokset havaitaan järjestelmätestauksella, minkä jälkeen alkavat ylläpitotoimet, eli tässä tapauksessa viestiaseman elvyttäminen. Käytännössä järjestelmätestaus tuottaa tiedon viasta aina sekä vikaantuneelta viestiasemalta että sen vasta-asemalta.

3.1.3 Verkonkuvan muutokset

Viestijärjestelmän käynnistämällä tarkoitetaan järjestelmän käyttöön ottamista liittyen yhtymän taisteluun. Käyttöönotto voidaan toteuttaa operaation vaiheistukseen liittyen joko verkon osa tai koko verkko kerralla[17],[20]. Käynnistämiseen liittyen viestijärjestelmän testaamiseen liittyy kaikkien siirtoteiden toimimisesta varmentuminen, joten järjestelmän käynnistäminen on järjestelmätestauksen kannalta työläs ja kriittinen vaihe.

Viestijärjestelmän käyttöönotto vaiheistetaan prikaatin tehtävästä riippuen joko aikaan tai tehtävän vaiheeseen sitoen. Aikaan sidottaessa verkon osat käynnistetään tietyllä ajanhetkellä, jolla on arvioitu koko verkon käynnistettävän osan olevan käyttövalmiina ja verkon käynnistämisen operaation kannalta tarpeellista.

Alistetut viestiasemat siirtyvät toiminta-alueelle suojaavan ja iskuportaan pataljoonien, tykistöpatteriston, prikaatin esikunnan, taistelujohtokeskusten ja ilmatorjuntapatteriston mukana. Viestikomppanian johdossa olevat viestiasemat siirtyvät toiminta-alueelleen prikaatin eri joh-toportaiden mukana tai omina osastoinaan. Viestikomppanian päällikkö suunnittelee viestiasemien siirtymisen toiminta-alueelle. Siirtymisen suunnittelussa on huomioitava erityisesti pataljoonien ja tykistön siirtymisreitit ja siirtojen aikautus[17]. Suunnittelussa otetaan huomioon myös verkon rakentuminen, jonka perusteella on mahdollista suunnitella myös järjestelmätestauksen toteuttaminen.

Ajankohtaan sidottua verkon käynnistämistä on huomattavasti helpompi seurata, testata ja dokumentoida. Verkonhallintaryhmä näkee tietokoneeltaan yhteysvälien muodostumisen ja kaikilla samanaikaisesti käynnistyvän verkonosan viestiasemilla seurataan verkon käynnistymistä.

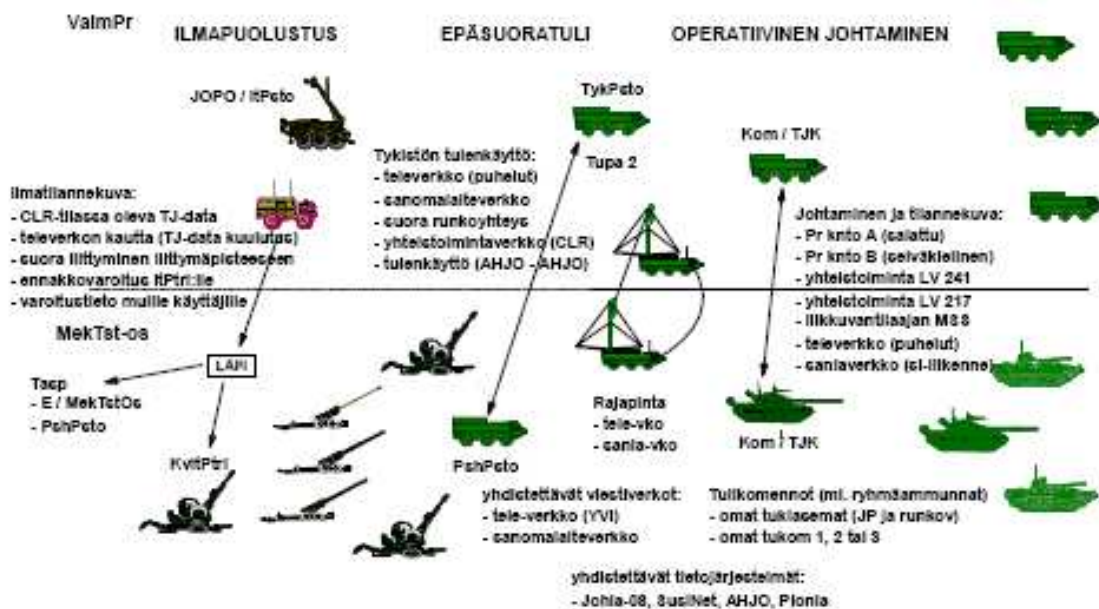
Hyökkäystehtävään liittyvä verkon käynnistäminen tehtävän vaiheeseen sitoen on haastavampi seurata, testata ja dokumentoida. Tyypillinen esimerkki tästä on se, että valmiusprikaatin kärkipataljoona saa taistelukosketuksen ja sille alistettu viestiasema siirtyy lähimpään ennalta laskettuun asemapeitteistön mukaiseen asemapaikkaan ja muodostaa linkkiyhteydet vasta-asemiinsa. Tällöin kaikki sen vasta-asemat eivät välttämättä ole vielä paikoillaan, jolloin verkko rakentuu ensin pienempinä osaverkkoina, joilla ei ole yhteyttä toisiinsa. Mikäli aseman kanssa samassa osaverkossa ei ole valvomoasemaa, valvomoasema eikä välttämättä verkonhallintaryhmäkään näe yhteyksien muodostumista välittömästi, vaan siitä tulee toimittaa tieto valvomolle. Viestiryhmän tekemästä testauksesta eteenpäin raportointi viestikomppanian komentoverkossa on ensiarvoisen tärkeää, etenkin mikäli asema ei saa välittömästi yhteyttä vasta-asemiinsa.

Taistelualueen sanomalaiteverkko rakentuu ensimmäisessä vaiheessa tukiasemien ja varateiden varaan[7]. Kenttäviestiverkon avulla toteutetut sanomalaiteverkon runkoyhteydet rakentuvat viestiasemien muodostamien linkki- ja valokaapeliyhteyksien valmistumisen myötä, minkä vuoksi sanomalaiteverkko on aluksi useassa osassa, mutta viestiverkon rakentuessa liittyvien yhteydet runkoverkkoon avautuvat automaattisesti ja runkoverkon sanomakeskukset pääsevät muodostamaan sanomalaiteverkon rungon. Sanomalaiteverkon rakentumisen aikana VEHA-suunnitteluryhmä valvoo annettujen käskyjen toteutumista ja pitää viestikomppanian-päällikön sekä VEHA-valvontaryhmän tietoisena sanomalaiteverkon tilasta. VEHA-

suunnitteluryhmä siirtää sanomalaiteverkon valvontavastuun verkon rakentumisen jälkeen VEHA-valvontaryhmälle.

Verkon muutoksia suunniteltaessa pyritään yhdistämään useamman kuin yhden viestiaseman siirto yhdeksi vaiheeksi, esimerkiksi alajohtoportaan komentopaikan siirtoon liittyen. Koko vaiheen suunnittelu käsketään valvomolle[8]. Verkon siirtäminen osissa yksittäisten asemien sijaan tekee järjestelmätestauksesta jaksottaista, koska verkossa tapahtuvat muutokset ovat kerralla suurempia. Järjestelmätestauksella on kuitenkin muusta tilanteesta riippumatta havaittava aina, kun viestiasema liittyy verkkoon, poistuu siitä tai vaihtaa paikkaa, eli viestijärjestelmä muuttuu (katso Kuva 1).

Valmiusprikaatin johtoon otettujen yksiköiden liittymisen prikaatin viestiverkkoihin suunnittelees esikunta- ja viestipataljoonan komentaja, joka sopii liittymisjärjestelyt johtoon otetun joukon komentajan kanssa. Liittymisen yksityiskohdat ja käytännön järjestelyt sopii viestikomppanian päällikkö liitettävän joukon viestiupseerin kanssa. Liittämisen käytännön järjestelyt hoidetaan joukkueenjohtajien johdolla viestikomppanian päällikön käskemien perusteiden mukaan. Johtoon otetut yksiköt liitetään valmiusprikaatin tele-, sanomalaite-, radio- ja tietoverkkoihin. Toiminnallisesti viestitoiminnalla tuetaan valmiusprikaatin ja liitettävän yksikön tulenkäyttöä, johtamista, ilmapuolustusta ja tilannekuvan jakamista[17].



Kuva 8 Mekanisoidun taisteluosaston liittymisen valmiusprikaatin viestiverkkoon [17]

Jotta järjestelmän hallinta ja ylläpito mahdollistuu tehokkaasti, on viestikompanian päällikön tai EVPE:n annettava perusteet mekanisoidulle taisteluosastolle myös järjestelmätestauksesta ja liitettävä johtoon otetut viestiosat osaksi testaussuunnitelmaa.

Johtoon otettu mekanisoitu taisteluosasto tuo järjestelmätestaukseen yleensä uutena elementtinä järjestelmien välisen rajapinnan. Järjestelmätestauksen kannalta olennaista on myös esimerkiksi viestiperusteiden ja taajuushallinnan sekä sanomalaiteverkon osalta tunnushallinnan järjestelyt, jotka voivat vaikuttaa olennaisesti järjestelmien yhteistoimintaan.

Käynnistettäessä viestijärjestelmää tai sen osaa tulee järjestelmä tai sen osa testata kattavasti mahdollisten vikojen havaitsemiseksi. Testattavia kohteita ovat siirtoteiden ja sanomalaiteverkon rungot, puhelinkeskukset palveluineen, datansiirtojärjestelmät sekä mahdolliset liittynät puolustusvoimien viestintäverkkoon ja yläjohtoportaisiin sekä muihin alueella oleviin joukkoihin. Viestijärjestelmän käynnistämiseen liittyvät testaukset suoritetaan kaikilla viestiasemilla siirtoteiden ja puhelinverkon keskusten osalta ja muilta osiltaan niillä asemilla, joita testaukset koskevat.

Viestijärjestelmän tai sen osan käynnistämiseen verrattavia tilanteita ovat myös merkittävät verkonmuutokset ja johtoon otettavien alajohtoportaiden liittäminen. Käynnistämiseen liittyvä järjestelmätestaus poikkeaa myöhemmästä järjestelmätestauksesta siinä, että tällöin ne viestiasemat, jotka tekevät järjestelmätestausta, ovat kaikki samassa vaiheessa. Valvomoasemat eivät välttämättä ole vielä verkossa, joten asemien itsenäinen toiminta korostuu.

3.2 Järjestelmätestaus rauhan ajan harjoituksissa

Rauhan ajan harjoituksissa järjestelmätestausta tehdään monella eri tasolla ja hyvin erityyppisissä harjoituksissa. Koska viestiverkkoa käytetään samalla tavalla myös mahdollisessa kriisitilanteessa, ei järjestelmätestaukseen muutu niissä olosuhteissa rauhan ajan harjoituksiin verrattaessa. Poikkeustilan vallitessa viestijärjestelmiä käytettäisiin kuitenkin lähempänä määrävahvuista[11] niin henkilöstön kuin kalustonkin osalta ja lisäksi viestijärjestelmän käyttöön liittyisi laajemmin yhteistoiminta ylemmän johtoportaan viestijoukkojen kanssa. Nämä yhdessä muuttavat varmasti käytännön tasolla joitain järjestelmätestauksen kokonaisuuksia peruseriaatteiden pysyessä kuitenkin muuttumattomina. Vaikka harjoituksissa tehdään järjestelmätestaukseen kuuluvia asiakokonaisuuksia, ei koko testausprosessia suunnittelusta analysointiin tehdä, koska testausprosessi ei toistaiseksi ole käytössä oleva tapa..

3.2.1 Viestiaselajin perusharjoitus

Viestiaselajin perusharjoituksessa harjaannutetaan viestikoulutettavia varusmiehiä viestikaluston käytössä. Harjoituksissa ei yleensä ole liitettäviä joukkoja tai ainakaan niiden liittämisjärjestelyt eivät pääsääntöisesti määrää harjoituksen kulkua. Mikäli koulutuksessa olevasta varusmiessaapumiserästä koulutetaan valvomojoukkueen osia, ne ovat yleensä aselajiharjoituksessa mukana. Tämän tyyppisissä harjoituksissa koulutuksen painopisteenä on kalustokoulutus.

Järjestelmätestauksen kannalta perusharjoituksissa harjaannutaan laite- ja asematasen järjestelmätestauksen toimissa, mutta nämä harjoitukset eivät mahdollista järjestelmätestauksen suorittamista täysipainoisesti. Viestikomppanian komentopaikkaa ja kaikkea valvomohenkilöstöä näissä harjoituksissa ei tyypillisesti ole, joten järjestelmätestauksen tiedot jäävät keräämättä, koostamatta ja analysoimatta.

Viestijärjestelmien toimivuutta eli suoritettujen järjestelmätestauksen tuloksia seurataan lähinnä asematasalla. Viestiasemalla ryhmänjohtaja ja viestipäivystäjä seuraavat omien yhteyksiensä toimivuutta ja dokumentoivat tulokset viestityskirjaan. Viestityskirjaan kirjataan käytännössä kaikki viestiaseman tapahtumat, joten se toimii sotapäiväkirjamaisesti. Viestityskirjalla mahdollistuu välttävästi järjestelmätestauksen dokumentointi asematasalla, mutta tulosten seuraaminen ei ole kovin helppoa. Viestipäivystäjän vaihtoa varten on olemassa erilaisia seuranta-kaavakkeita (esim. LIITE 1), joihin kirjataan esimerkiksi yhteyksien toimivuus ja käytettävät taajuudet. Nämä seuranta-kaavakkeet toimivat paitsi rauhan aikana koulutuksen seuranta- ja apuvälineinä, myös hyvänä mallina asematason järjestelmätestauksen dokumentointiin.

3.2.2 Yhtymäharjoitus

Yhtymäharjoituksessa tai muussa laajemmassa, useiden aselajien yhteisharjoituksessa viestitoiminnalla pitää kyetä tarjoamaan myös harjoituksessa käytössä olevat viestiyhteydet, joten viestijärjestelmän toimintaa ohjaavat muiden joukkojen toiminta ja liikkuminen. Harjoituksissa on mahdollisesti myös viestijoukkoja useista joukko-osastoista, joten käytettävissä oleva viestijärjestelmä on suorituskyvyltään lähellä määrävahvuista [11] viestijärjestelmää. Viestikomppanian komentopaikka ja pääosat valvomojoukkueesta on harjoituksessa yleensä käytössä, mikä mahdollistaa järjestelmätestaukseen kuuluvan tietojen keräämisen, koostamisen sekä niiden analysoimisen vähintään välttävästi. Vain suurimmissa sotaharjoituksissa on yleensä toimiva esikunta- ja viestipataljoonan esikunta edes siinä määrin määrävahvuksena, että järjestelmätestauksen analysointiin voisi olla olemassa kaikki tarvittavat määreet. Viestikomppanian päällikkö on kuitenkin yksi järjestelmätestauksen tulosten keskeisistä hyödyntäjistä, joten järjestelmätestauksella saavutetaan tämän tyyppisissä harjoituksissa sekä reaalista hyötyä, että hyvää kokemusta järjestelmätestauksen käytännön toteuttamisesta. Koulutuksellisenä painopisteenä viestijoukkojen osalta suuremmissa harjoituksissa on yhteistoiminta, mikä korostuu myös järjestelmätestauksen toteutuksessa.

Järjestelmätestauksen tuloksia seurataan laajemmissa harjoituksissa ainakin asematasalta viestikomppanian komentopaikan tasalle. Asematasalla tulosten dokumentointi toteutuu kuten perusharjoituksissakin, minkä lisäksi tuloksista raportoidaan ylöspäin valvomolle.

Valvomoasemat keräävät ja saavat tietoa viestijärjestelmän runkoyhteyksien toiminnasta valvomo-ohjelmistolla sekä viestiasemien ilmoituksina. Valvomoasemat koostavat järjestelmätestauksen tulokset aikaan tai operaation vaiheeseen sitoen viestikomppanian päällikölle käytettäväksi jatkosuunnittelun ja johtamisen tukena. Valvomossa seurataan tilannetta, mutta toistaiseksi tuloksia ei koota minkään tietyn mallin mukaisesti, vaan tietojen esittäminen ylöspäin riippuu lähinnä valvomoryhmänjohtajan ja –joukkueenjohtajan sekä komppanian päällikön omasta aktiivisuudesta ja innovatiivisuudesta. Viestikomppanian komentopaikalla pidetään yllä viestiverkon kuvaa, jossa näkyvät toimivat yhteydet. Verkonkuvan ylläpitämiseen ei ole olemassa käskettyä järjestelmää eikä verkonkuvan ajantasaisuuteen välttämättä kyetä yksittäisten yhteyksien tasalla ottamaan välttämättä muuta kantaa, kuin että kyseisen yhteyden pitäisi toimia, koska siitä ei ole muuta ilmoitettu.

3.2.3 Koulutukselliset harjoitukset

Edellä esitellyistä poikkeavana harjoitusympäristönä ovat erilaiset luokkatiloissa tai vastaavissa toteutettavat harjoitukset, joissa viitekehys on kuitenkin laajempi kuin puhtaassa kalustokoulutuksessa. Näistä hyvänä esimerkkinä ovat aiemminkin mainitut rajapintaharjoitukset sekä varusmieskoulutuksessa soveltavan vaiheen harjoitukset erityisesti valvomojoukkueeseen koulutettaville. Myös Combined Endeavor voidaan laskea tähän kategoriaan harjoitusjärjestelyjensä puolesta.

Poiketen maastossa toteutettavista harjoituksista kalustoa käytetään osin soveltaen, esimerkiksi linkkiyhteydet toteutetaan usein antennikaapelilla, mikä käytännössä poistaa linkkiradioiden testaamistarpeen. Toisena merkittävänä poikkeamana on viestiverkon alueellisen hajautumisen lähes täydellinen puuttuminen. Vaikka laitteet saatetaan sijoittaa eri tiloihin, on erilaisia vikoja kuitenkin mahdollista selvittää käymällä vasta-asemalla. Toisaalta myös harjoitusten luonne on varsin erityyppinen, sillä näissä harjoituksissa painopisteenä ei yleensä ole niinkään kaluston käsittely, vaan erilaiset järjestelmätasalla tehtävät toiminnot kuten rajapinnat tai palveluiden toteuttaminen.

Järjestelmätestausta tehdään pääsääntöisesti alatasollaan varsin aktiivisesti sekä sen vuoksi, että koulutuksessa oleva joukko hallitsee perusasiat jo varsin hyvin, että myöskin siksi, että järjestelmän toimivuus on lähtökohta sille, että asiassa voidaan mennä eteenpäin. Järjestelmätestaus voi olla myös koko harjoituksen päämäärä, kuten Combined Endeavorissa, mutta harjoituskokonaisuus on yleensä sen luonteinen, että harjoituksessa ei tietoja kuitenkaan kerätä, koota ja analysoida samalla tavalla, kuin tässä tutkimuksessa esitetään.

4 JÄRJESTELMÄTESTAUKSEN TEKNINEN TOTEUTUS

4.1 Järjestelmätestauksen yleisjärjestelyt

Järjestelmätestaus jaetaan viestijärjestelmän eri osien testaamiseen tämän luvun alalukujen mukaisesti. Viestikomppanian päällikkö jakaa vastuut järjestelmätestauksen toteuttamisesta joko EVPE:n laatiman testisuunnitelman tai sen rungon perusteella tai näiden vastuiden ja vaatimusten perusteella laadittavan testisuunnitelman mukaisiksi. Järjestelmätestauksen suunnitelmassa määritellään järjestelmätestauksen kohteet ja raja-arvot sekä dokumentointi yksityiskohtaisesti. Seuraavissa luvuissa on esitelty yleisellä tasolla testausmenetelmät ja raja-arvot, joiden pohjalta testaussuunnitelma voidaan laatia. Järjestelmätestauksen dokumentoinnin perusperiaatteena on testikriteerien määrittely, jonka pohjalta saadaan raja-arvot, joita merkitään esimerkiksi värikoodeilla. Seuraavien testausmenetelmien dokumentoinnille ja raja-arvoille on käytetty kolmiportaista asteikkoa, jonka periaatteet on esitelty taulukossa Järjestelmätestauksen testikriteerien yleiskuvaukset [1].

ARVO	RAJA-ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	Määritellään jokaisen järjestelmäominaisuuden osalta erikseen	Testin tulos osoittaa mitatun järjestelmäominaisuuden tai yhteyden olevan täysin toimiva siten, että siinä ei ilmene lainkaan, tai ilmenee vain merkityksettömiä virheitä[4].
KELTAINEN	Määritellään jokaisen järjestelmäominaisuuden osalta erikseen	Testin tulos osoittaa mitatun järjestelmäominaisuuden tai yhteyden toimivan vajaasti . Toiminnan tulee kuitenkin olla siinä määrin toimiva, että yhteyttä tai järjestelmäominaisuutta kyetään käyttämään joiltain osin. Rajoitteet toiminnassa eivät saa olla järjestelmän keskeisiä ominaisuuksia heikentäviä.
PUNAINEN	Määritellään jokaisen järjestelmäominaisuuden osalta erikseen	Testin tulos osoittaa mitatun järjestelmäominaisuuden tai yhteyden toimimattomuuden . Yhteyttä ei ole, tai järjestelmäominaisuutta ei kyetä keskeisiltä osiltaan hyödyntämään. Järjestelmäominaisuudessa on kriittinen virhe.[4]

Taulukko 2 Järjestelmätestauksen testikriteerien yleiskuvaukset

Viestijärjestelmän testaamisen perustan luo järjestelmään kuuluvien viestivälineiden toiminnan testaaminen. Viestiverkon testaamiselle on edellytykset vain, jos järjestelmään liitetyt laitteet toimivat moitteetta[16]. Laitteiden testaus muodostaa pohjan varsinaiselle järjestelmätestaukselle, mutta on myös edellä mainitun perusteella oleellinen osa järjestelmätestausta. Laitteiden testaukset on esitelty yhteystyyppien testimenetelmien yhteydessä.

4.2 Siirtoverkon testaus

Siirtoteinä YVI-järjestelmissä käytetään UHF-taajuusalueen (Ultra High Frequency, 300MHz – 3GHz) linkkiyhteyksiä sekä lyhyemmillä yhteysväleillä ja varmentavina yhteyksinä erilaisia kaapeliyhteyksiä kuten esikuntakaapelia, parikaapelia ja runkoyhteyksissä erityisesti valokaapelia. Järjestelmätestauksen kannalta olennainen ero näiden siirtoteiden välillä on se, että runkoyhteyksissäkin käytetyssä valokaapelijärjestelmässä häviöt siirtotiellä ovat huomattavasti vähäisempiä kuin linkkiyhteyksillä. Toisena merkittävänä erona myös järjestelmätestauksen kannalta voidaan pitää valokaapeliyhteyden käytännössä täydellistä häirinnänsietoa, jolloin toimintahäiriöt johtuvat käytännössä aina järjestelmästä itsestään. Häiriö voi johtua joko päätelaitteista, valokaapelista tai yhteyden rakentamisesta.

Kanavassa siirrettävän signaalin ylimmän ja alimman taajuuden erotusta kutsutaan kanavan kaistanleveydeksi. Kaistanleveyden yksikkö on sama, kuin taajuudella, eli hertsi (Hz, 1/s). Kanavan siirtokapasiteetti riippuu sen kaistanleveydestä, joten kaistanleveydestä on laskettavissa kanavan suurin teoreettinen tiedonsiirtonopeus[10].

Sähkömagneettisen spektrin käytettävyyttä rajoittaa muun muassa kohina, jolla tarkoitetaan kulloinkin tarkasteltavan järjestelmän kannalta haitallista sähköenergiaa, joka haittaa hyötysignaalin vastaanottoa. Kohina summautuu hyötysignaaliin ja mikäli signaali on riittävän pieni, peittää sen niin, ettei vastaanotin kykene tulkitsemaan signaalia oikein. Ilman kohinaa sähkömagneettista spektriä voitaisiin hyödyntää rajattomasti riippumatta siitä, kuinka pitkä esimerkiksi viestijärjestelmän yhteysväli olisi, vastaanottoon saataisiin aina puhdas signaali, vaikkakin mahdollisesti hyvin pieni, jonka olemassaolo voitaisiin havaita[9]. Myös kuparijohtimessa etenevä sähkövirta synnyttää aina kohinaa.

Siirtotien laatua kuvataan termillä signaali-kohinasuhde (SNR, Signal-to-Noise Ratio), jonka yksikkönä käytetään desibeliä (dB). Desibeli on logaritminen suhdeluku, joka kuvaa siirrettävän signaalin voimakkuuden suhteessa kanavan kohinaan[10] [18]. Vastaanottimen tehtävänä on tulkita vastaanotettavan signaalin symbolit oikein kohinan seasta. Tehtäessä päätöstä tulkittavasta symbolista on signaalin energian suhde kohinatehoitiheyteen merkittävä. Suurin mahdollinen siirtonopeus on verrannollinen signaali-kohinasuhteeseen [14]. Käytännössä vaadittava normalisoitu signaali-kohinasuhteen minimitaso riippuu käytettävästä modulaatiosta ja suurimmasta siedettävästä bittivirhetodennäköisyydestä, joka voidaan ilmaista myös bittivirhesuhteena[9] .

Toinen siirtotien laatua kuvaava yksikö on bittivirhetiheys (Bit Error Rate, BER), joka ilmaisee virheellisenä siirtyneiden bittien osuuden kaikista siirretyistä biteistä[10],[4] . Bittivirhesuhde (BER) on lähetettyjen tai vastaanotettujen bittien välinen suhdeluku, jossa suhteutetaan virheellisesti toistuvien bittien määrä oikeellisesti toistuviin bitteihin. Esim. BER 10E-3 tarkoittaa, että tuhatta oikeellisesti toistuvaa bittiä kohden on yksi virheellinen: $1/1000 = 10E-3$.

$$\text{BER} = \frac{\text{virheellisten bittien määrä}}{\text{bittien kokonaismäärä}} \quad \text{esim. BER } 1,60 * 10^{-6} = \frac{16 \text{ virheellisesti toistuvaa bittiä}}{10\,000\,000 \text{ lähetettyä bittiä (10Mb)}}$$

Kaava 1 Bittivirhesuhde

Vastaanottimen on kyettävä tahdistumaan, eli synkronoitumaan, lähettimeltä tulevaan informaatiovirtaan, jotta se kykenisi tulkitsemaan vastaanottamaansa informaatiota oikein. Kaikkien vastaanotinten on kyettävä tahdistumaan tulevaan moduloituun bittivirtaan siten, että tulkinta vastaanotettavasta signaalista osataan tehdä oikein. Mikäli siirrettävä informaatio muodostuu monibittisestä koodisanasta (esimerkiksi puhe koodattuna 8 bitin pulssikoodimoduloidussa järjestelmässä tai 8-bittinen data-alkio), on vastaanottimen tahdistuttava oikein, näinhinkin. Siirrettävät tiedot on yleensä ryhmitelty siirtokehyksiin, joiden alku- ja loppukohdat on varustettu kehyslukitusmerkeillä ja joiden sisällöstä osa on kehysten hallintaan liittyvää informaatiota varsinaisen siirtodatan muodostaessa lopun kehyksen sisällöstä[9],[10]. Vastaanottimen on tahdistuttava myös siirtokehyksiin, jotta se kykenisi tulkitsemaan oikein kehystettyä informaatiota. Mikäli järjestelmässä on lisäksi salausta, on senkin tahdistuttava

siirrettävään bittivirtaan, jotta se kykenisi aloittamaan tehdyn salauksen purkamisen oikeasta kohdasta. Vastaanottimen tahdistumiseen ei kehyslukitusjärjestelmässä riitä pelkästään se, että vastaanotin havaitsee yhden ennalta määritellyn kehyslukitusmerkin kaltaisen bittijonon, sillä kyseessä voi olla myös bittivirrassa satunnaisesti esiintynyt samankaltainen bittijono. Vastaanottimen on odotettava useampia samassa kohtaa bittivirtaa olevia kehyslukitusmerkkejä ennen kuin se voi olla varma siitä, että kyseessä on oikea kehyslukitusmerkki. Vastaavasti myös synkronoinnin menetys edellyttää useampien lukituskehysten puuttumista, joten viive uuden synkronoinnin saavuttamiseksi voi kasvaa useiden sekuntien pituiseksi. [9] [13]

Eri tasoissa tapahtuvaa synkronointia kutsutaan synkronointihierarkiaksi. Kullakin hierarkiatasolla vastaanottimen on tahdistuttava vastaavaan lähettimeen, esimerkiksi

- 1) radiovastaanottimen tahdistuminen kehysynkronoinnilla
- 2) salauksen tahdistuminen
- 3) telekeskusten merkinantokehysten tahdistuminen[9].

Limityksellä tarkoitetaan siirrettävän informaation jakamista aikatasossa siten, että alkuperäisessä informaatiovirrassa peräkkäin olevat bitit hajautetaan ennen niiden lähettämistä. Menetelmällä voidaan torjua lyhytkestoisen häipymisen ja purskemuotoisten häiriöiden sekä pulssihäirinnän vaikutusta, sillä limitys jakaa häirinnän vaikutuksen tasaisesti koko alkuperäiseen informaatiovirtaan, jolloin virheet ovat helpommin havaittavissa ja korjattavissa. Mitä lyhyempää limitystä käytetään, sitä reaaliaikaisempaa tiedonsiirtoa voidaan toteuttaa, mutta toisaalta signaalia ei saada suojattua niin hyvin, kuin levitettäessä se pidemmältä ajanjaksolta. Käytettäessä pitkää limitystä joudutaan lähetettävää signaalia koostamaan pitkältä ajanjaksolta, jolloin signaalin reaaliaikaisuus menetetään. Tällainen siirto ei sovellu reaaliaikaisen puheen tai datan siirtämiseen.

Informaatiovirran virheidenkorjaus perustuu siirrettävään dataan lisättävään ylimääräiseen informaatioon, jota käytetään virheidenkorjaukseen. Tällöin joko yhteyden nettosiirtonopeus laskee tai bruttosiirtonopeutta on nostettava. Riippuen esimerkiksi tiedonsiirron synkronoinnista voidaan virheidenkorjaukseen käyttää erilaisia tekniikoita[9][13] .

4.2.1 Linkkiyhteydet

Suomessa nimitystä radiolinkki (radio relay) käytetään suurikapasiteettisesta, yleensä useita kanavia siirtävästä, radiojärjestelmästä. Kenttäviestijärjestelmien radiolinkit ovat aikajakoisia (TDM, Time Division Multiplexing [2][15][18]) kenttälinkejä. Kenttälinkeissä käytetään sotilassovelluksissa verraten matalia taajuuksia pitkän yhteysvälin tavoittelemiseksi. Viestijärjestelmien solmumäärän kasvu on pienentänyt keskimääräisiä yhteysetäisyyksiä, mikä mahdollistaa lyhyen kantaman (20 km) linkkien käyttämisen viestijärjestelmän runkoverkon toteuttamiseen.

Kenttäviestijärjestelmien linkkiyhteyksillä käytettävät taajuusalueet 610-910 MHz (YVI1M) ja 1350-1850 MHz (YVI2) kuuluvat UHF-alueen aaltoihin. UHF-alueella radioaalto etenee lähes pelkästään näköyhteysreittiä pitkin ja yhteydet rajautuvat lähettimen ja vastaanottimen antennien korkeuksista riippuvaan radiohorisonttiin. Esteet näköyhteysreitillä vaimentavat signaalia voimakkaasti. [9][2]

Linkkijänteen hyvyttä voidaan mitata myös vastaanotetun signaalin tason voimakkuudella [18], mikä ei anna yhteysvälin toiminnasta yhtä varmaa kuvaa, sillä vastaanotettavan signaalin taso voi olla hyvä, mutta yhteysvälillä ei silti kyetä liikennöimään esimerkiksi salauslaitteiden avaimistoista johtuen. Toisaalta myös vihollisen elektroninen häirintä saattaa olla viestiaseman vastaanottotaajuudella, jolloin vastaanotettavan kentän voimakkuus voi ilmentää voimakkaampaa häirintäsignaalia eikä toivottua hyötylähetettä. Vastaanotetun signaalin taso on merkityksellinen määrittäessä linkkijänteen molemmille päille käytettävää lähetettävän signaalin voimakkuutta. Lähetettävän signaalin voimakkuus ei sinänsä ole järjestelmätestauksen kriteeri, mutta sitä voidaan käyttää apuna vianmäärittämisessä.

$$P_r = \frac{P_t}{4\pi r^2} * \frac{G_r \lambda^2}{4\pi} \Rightarrow \frac{PG \lambda^2}{(4\pi)^2 r^2}$$

Kaava 2 Radiolähetteen vaimeneminen

Sähkömagneettisen säteilyn etenemiseen vaikuttavat ilmakehän troposfääriin, ionosfääriin ja maaston ominaisuudet. Tällöin radioaallon amplitudi, vaihe ja polarisaatio saattavat muuttua. Vaikutukset etenevään säteilyyn voidaan jaotella vaimenemiseen[18], diffraktioon, heijastumiseen ja siroamiseen. Ilmakehän epähomogeenisuuksista, ionosfääristä tai maastosta taittuvat, heijastuvat tai siroavat aallot aiheuttavat signaalin tasoon satunnaista nopeata vaihtelua (skintillaatio) ja häipymistä (fading)[9]. UHF-alueen linkkiradioiden radioaalto etenee näköyhteysreittiä, joka vastaa likimäärin vapaan tilan etenemistä, mutta radioaalto ei etene täysin suoraan vaan taipuu jonkin verran maanpinnan suuntaisesti[9] [2].

Radioaalto heijastuu tasaisista pinnoista ja väliaineen taitekertoimen muuttumisen vuoksi sekä siroaa sopivan kokoisista epätasaisuuksista. Tällöin vastaanottimeen saapuu useita eri reittejä kulkeneita signaalikomponentteja, joiden amplitudi, vaihe ja polarisaatio ovat erilaisia. Jos aalto on lisäksi heijastunut liikkuvasta kohteesta, sen taajuuskin on Doppler-ilmiön vuoksi muuttunut. Vastaanottimessa nämä signaalit summautuvat yhteen ja tyypillisesti heikentävät vastaanotetun signaalin laatua. Häipyminen johtuu siitä, että monitie-etenemisen seurauksena vastaanottimeen saapuu vastakkaisvaiheisia signaalikomponentteja, jotka summautuessaan mitätöivät toisensa, mikä vastaanottimessa näkyy signaalin äkillisenä häipymisenä[9].

Vastaanottimeen saatava teho P_r riippuu lähetystehosta P_t , lähetysantennin vahvistuksesta G_t , lähettimen tehohäviöistä L_t ja vastaanottimen etäisyydestä (etenemisvaimennus L_R) vastaanottimen antennin vahvistuksesta G_r sekä vastaanottimen tehohäviöistä L_r . Jos suureet ilmaistaan desibeleinä (teho dBW:na ja antennivahvistus dBi:nä), niin viestijärjestelmän tehobudjetti voidaan kirjoittaa muotoon:

$$P_r = P_t + G_t - L_t - L_R + G_r - L_r$$

Kaava 3 Linkkibudjetti [9]

Pienin hyväksyttävissä oleva vastaanotettu teho riippuu järjestelmän kohinatasosta ja pienimmistä siedettävästä signaali-kohinasuhteesta. Järjestelmässä on edellä huomioidun lisäksi häviötä myös johtuen etenemisvaimennuksesta ja polarisaatiovaimennuksesta sekä suuntausvirhevaimennuksesta. Vastaanottimen häviöiden alle lasketaan kuuluvaksi kaikki ne tekijät, jotka vaimentavat signaalia ennen ilmaisinta.

Jotta järjestelmätestauksella voidaan saada linkkijänteelle tulokseksi vihreä, tulee linkkijänteen olla molempiin suuntiin virheetön. Mikäli toiseen suuntaan saadaan tulokseksi vihreä ja toiseen keltainen, on linkkijänteen testauksen tulos tällöin heikomman tuloksen mukaan keltainen.

4.2.1.1 Radiolinkki MH313/S

Linkkiyhteys muodostetaan YVI2-järjestelmässä kahden viestiaseman MH313/S linkkien välille, linkkiantennina vaaka- ja pystypolarisaation mahdollistava paraboliheijastinantenni MVP-15. Paraboliheijastinantennin säteilykuvio on erilainen eri suuntiin[2], mistä on etua häirinnän ja tiedustelun väistämässä. Radiolinkki toimii UHF taajuusalueella 1350–1850 MHz, taajuusvälillä 125kHz, duplex-väli on 40MHz. Radiolaite on taajuusmoduloitu ja sen lähettimen teho on 20-38dBm (n.0,1-6,3W) Linkkiyhteys eli linkkijänne mahdollistaa 2Mbit/s tiedonsiirtonopeuden, minkä YVI 2-järjestelmässä käytettävä järjestelmänopeus 1024 kbit/s hyödyntää. Linkkiyhteys toimii, kun yhteys tahdistuu ja linkkijänteen yli voidaan siirtää dataa häiriöttömästi. Kynnysarvo linkillä hyväksyttävän bittivirhesuhdearvon saamiseksi on 1024kbit/s siirtonopeudella 132dB vaimennus ja 2048 kbit/s tiedonsiirtonopeudella 126dB. Linkkiyhteyden toimivuuteen vaikuttavat normaalit radioliikenteen lait UHF-taajuusalueella.

Viestiaseman normaaliin perustamistoimintaan kuuluu aseman koestaminen ennen yhteyden muodostamista silmukoimalla laitteet. Käytettäviä silmukointeja ovat [13]

- radiolaitteen silmukointi RF-silmukassa
- radiolaitteen silmukointi AF-silmukassa
- salaamislaitteen silmukointi[8]

Nämä testaukset eivät varsinaisesti kuulu linkkiyhteyden testaukseen, mutta ne on tehtävä ennen linkkiyhteyden järjestelmätestausta, jossa määritetään linkkijänteen toimivuus. Näillä testauksilla kyetään myös virhetilanteessa paikallistamaan vika, jolloin niitä käytetään myös järjestelmätestauksen osana.

```
CD[3411]> show module 3 ber
B0:I03 INTERFACE SWITCH  0.00E-5  0.00E-6  1.60E-6  1.32E-5
```

Kuva 9 Keskuksen CD115E ohjauspäätteeltä nähtävä linkkijänteen bittivirhesuhde

Linkkijänteen hyvyys on määritettävissä radiolinkin ohjauspäätteeltä, josta määrittäminen tapahtuu virhesuhteen raja-arvojen HB, High BER Alarm $\geq 10E-3$ ja LB, Low BER Warning $\geq 10E-5$ avulla, katso Taulukko 3. Tarkemmin yhteysvälin hyvyys on määritettävissä keskuksen ohjauspäätteeltä, josta saadaan virhesuhteen keskiarvo edeltäviltä 6,25; 62,5; 625 ja 6250 sekunnilta (Kuva 9)[13]. Näistä edeltävien 6,25 sekunnin ja 62,5 sekunnin keskiarvot kertovat luotettavimmin linkkiyhteyden toiminnasta. Pidempien ajanjaksojen keskiarvoissa linkkiyhteyden laadun muutokset eivät näy yhtä selvästi. Virhesuhteeseen perustuva linkkijänteen hyvyyden mittaaminen antaa luotettavan kuvan linkkijänteen käytettävyydestä. Linkkijänteen täyden toimivuuden kynnysarvona voidaan taulukossa esitetyn $10E-5$ sijaan käyttää myös virhesuhteen arvoa $10E-4$, joka takaa linkkijänteen käytettävyyden useimmiten myös datansiirtoon useimmissa tapauksissa.

ARVO	RAJA-ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	BER $\leq 10E-5$ <u>AS107:</u> HB LB SYN OK OK OK <u>CD115E:</u> 6,25s ja 62,5s	Salauslaite ja keskus tahdistuvat ja linkkiyhteydellä voidaan siirtää dataa siten, että siinä ei ilmene lainkaan, tai ilmenee vain merkityksettömiä virheitä.
KELTAINEN	BER $10E-5 - 10E-3$ <u>AS107:</u> HB LB SYN OK * OK <u>CD115E:</u> 6,25s ja 62,5s	Salauslaite ja keskus tahdistuvat ja linkkiyhteydellä voidaan siirtää dataa. Yhteysvälillä on kuitenkin siinä määrin häiriöitä, että kaikki viestit eivät välity virheettömiä. Viestin voi joutua lähettämään uudelleen ja puhelut saattavat katkeilla.

PUNAINEN	BER $\geq 10E-3$	Salauslaite ja keskus eivät tahdistu, yhteysvälillä ei kyetä siirtämään dataa.
	<u>AS107:</u>	
	HB LB SYN	
	* * *	
	<u>CD115E:</u>	
	6,25s ja 62,5s	

Taulukko 3 MH313/S testikriteerit

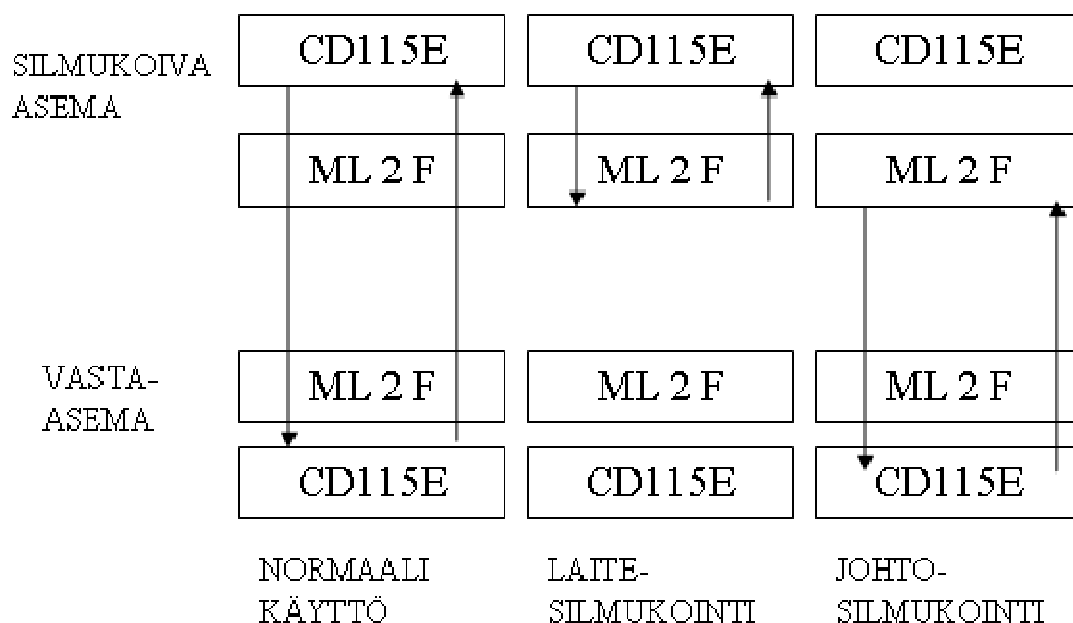
4.2.2 Kaapeliyhteydet

Niin pitkään, kun viestijärjestelmän liittyjän ei tarvitse siirtyä, ovat kaapeliyhteydet radiotietä parempi vaihtoehto liityntäteknikaksi paremman häiriön ja häirinnänsiedon vuoksi. Erilaisia ratkaisuja kaapeliyhteyksien toteuttamiselle on useita [14], ja käytettävään ratkaisuun vaikuttaa lähinnä käytettävissä oleva kalusto ja liittyjän tietoliikennetarpeet.

4.2.2.1 Valokaapelit

Optiseen tiedonsiirtoon perustuvia valokaapeliyhteyksiä käytetään, koska sillä on etuna sähköiseen kaapelisiirtoon verrattuna suurempi nopeus sekä signaalia rasittavien sähköisten ongelmien kuten kohinan puuttuminen eikä sitä myöskään kyetä sähköisesti tiedustelemaan tai häiritsemään [15] [18]. Valokaapelin vaimennus on vähäinen (0,2dB/km), mikä mahdollistaa noin kolmen kilometrin yhteydet ilman toistinta. Valokaapeliyhteys muodostetaan kahden viestiaseman tai viestiaseman ja liitettävän esikunnan tai alajohtoportaan välille. Yhteys muodostetaan käyttäen ML2F –valokaapelipäätteitä ja niiden välillä kenttävalokaapelia. Valokaapelipäätteessä on huoltokanava, joka mahdollistaa puheyhteyden päätelaitteiden välillä. Kenttävalokaapeli Z2FR on asteittaiskertoimista monimuotokuitua [18].

Viestiasemaa perustettaessa koestetaan valokaapelipäätteiden toiminta ja valokaapeleiden toiminta koestetaan aina ennen valokaapeliyhteyden rakentamista [8]. Koestukset suoritetaan silmukoimalla laitteen lähettämä signaali. Signaali voidaan silmukoida joko laitteen suuntaan ennen signaalin lähettämistä valokaapelille tai johdon suuntaan, jolloin signaali käännetään heti valokaapelille takaisin, Kuva 10.



Kuva 10 Valokaapelipäätteen silmukointi

Huoltokanavan toimivuutta voi käyttää järjestelmätestauksessa myös apuna, sillä sen käytön mahdollistuminen virhesuhdehälytyksen aikana kertoo kuitenkin jonkin asteisen yhteyden olemassaolosta.

Valokaapelipäätteet on kaapeloitu linkkiradioiden tapaan keskuksen moduuleihin, joten myös valokaapeliyhteyden hyvyys on määritettävissä keskuksen ohjauspääteeltä edeltävien ajanjaksojen virhesuhteiden keskiarvojen perusteella (Kuva 9). Kuten linkkiyhteyksillä, myös valokaapeliyhteyksillä, 6,25 sekunnin ja 62,5 sekunnin virhesuhteen keskiarvot antavat ajantasaisimman ja luotettavimman kuvan yhteyden laadusta.

ARVO	RAJA-ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	$BER \leq 10E-5$ <u>ML 2 F:</u> Virhesuhdehälytysvalo ei pala <u>CD115E:</u> 6,25s ja 62,5s	Valokaapelipääte ja keskus tahdistuvat ja yhteydellä voidaan siirtää dataa siten, että siinä ei ilmene lainkaan, tai ilmenee vain merkityksettömiä virheitä.
KELTAINEN	$BER 10E-5 - 10E-3$ <u>ML 2 F:</u> Virhesuhdehälytysvalo vilkkuu <u>CD115E:</u> 6,25s ja 62,5s	Valokaapelipääte ja keskus tahdistuvat ja yhteydellä voidaan siirtää dataa. Yhteysvälillä on kuitenkin siinä määrin häiriöitä, että kaikki viestit eivät välity virheettömiä. Viestin voi joutua lähettämään uudelleen ja puhelut saattavat katkeilla.
PUNAINEN	$BER \geq 10E-3$ <u>ML 2 F:</u> Virhesuhdehälytysvalo palaa, <u>CD115E:</u> 6,25s ja 62,5s	Optinen tulosignaali puuttuu tai siinä on liikaa virheitä, jotta signaali olisi ymmärrettävä.

Taulukko 4 Valokaapelipääteen testikriteerit

4.2.2.2 Parikaapelit

Verkkoon liitetään liittyjiä myös parikaapeliyhteyksillä. Parikaapeliyhteyksillä on useita haittoja, kuten kaapelin paino, kaistanleveys ja vaadittava signaalin vahvistus [15]. Sen lisäksi, että parikaapelin kaistanleveys on pienehkö, se on melko häiriöaltis sekä vaatii signaalin vahvistamista lyhyin välein[10]johtuen niiden verraten suuresta vaimennuksesta[2]. Kenttäparikaapelia käytettäessä analogisen yhteyden laskennallinen enimmäispituus on 7 km ja digitaalisen 3 km[8]. Nämä yhteydet mahdollistavat puhe- ja sanomaliikenteen. Niiden koestamiseen käytetään tavallista kenttäpuhelimia, jolla voidaan soittaa yhteyskokeilu. Parikaapeliyhteyksiä ei käytetä kuin liittymäliittyminä, joten niiden koestamisen suhteen on tärkeämpää, että kulloinkin tarvittavat palvelut toimivat (katso luku 4.3).

4.3 Palveluiden testaus

4.3.1 Tilaajaliittymä

Kenttäviestijärjestelmän alueella toimivat johtoportaat ja johtajat käyttävät johtamisessaan sekä kenttäviestiverkon että kenttäradioverkon yhteyksiä. Liittyminen voidaan toteuttaa johdin- tai radioyhteydellä puhe-, data- ja sanomaliikenteellä.

Johdintilaajat liitetään kenttäviestijärjestelmään nykyisin yleensä 2-johdinyhteyksin kenttäparikaapelilla. Tällöin tilaajat ovat pikemminkin siirtyviä kuin liikkuvia, sillä he menettävät yhteytensä kenttäviestijärjestelmään liikkeensä aikana ja sitoutuvat fyysisesti tiettyyn paikkaan viestiliikenteensä ajaksi. Kaapeliyhteyden rakentaminen ja purkaminen on varsin hidasta ja yhteys kestää huonosti epäsuoraa tulta. Johdintilaajat liitetään viestikeskuksiin joko suoraan tai erillisten kanavointilaitteiden kautta. Tilaajaliittymät voivat olla tyypiltään digitaalisia tai analogisia. Analogisessa kanavassa signaalille tehdään analogia-digitaalimuunnos ja informaatio välitetään verkossa digitaalisesti [19]. Yhtymän viestijärjestelmässä on käytössä kenttäviestijärjestelmissä yleisimmin käytetty delta-modulaatio (CVSD-modulaatio, Continuous Variable Slope Delta) 16 kHz näytteenottotaajuudella. Tällöin informaatio siirretään 16 kbps nopeudella yksibittisinä koodisanoina. Analogiseen kanavaan voi liittää CB- (central battery) ja LB- (local battery) puhelimen lisäksi esimerkiksi modeemeja, telefakseja ja analogisia vaihteita. Digitaalisessa kanavassa liittymä tehdään kahdella tai neljällä johtimella. EURO-COM-järjestelmissä digitaalinen K-rajapinta mahdollistaa 16 tai 32 kbps CDC-signaalin siirron digitaalisilta kenttäpuhelimilta viestikeskuksiin. Nykyaikaiset digitaaliset kenttäpuhelimet

mahdollistavat puhe- ja piirikytketyt datansiirtoyhteydet sekä kenttäradioiden liittämisen järjestelmään. [9]

Liikkuva tilaaja tukeutuu kenttäradioyhteyksin niihin pohjautuvaan sanomalaiteverkkoon tai erityisiin liikkuvan tilaajan järjestelmiin CNRA- ja CNRI- järjestelmät V2- ja V3 –asemilla. CNRA (Combat Net Radio Acces) mahdollistaa digitaalisten ja CNRI (Combat Net Radio Interface) analogisten kenttäradioiden liittämisen kenttäviestiverkkoon solukkonverkon tapaan. Nämä järjestelmät mahdollistavat soittamisen televerkosta mihin tahansa V2- (analoginen) tai V3- (digitaalinen) tukiaseman kuuluvuusalueella olevaan kenttäradioon sekä kenttäradiosta televerkkoon. Järjestelmissä yhdistyy kenttäradioiden käytön joustavuus, nopeus ja luotettavuus kenttäviestijärjestelmän tuomaan alueelliseen kattavuuteen[9].

Yhteyden muodostamisesta kahden tilaajan välille, tai tilaajan ja hänen kaipaamansa palvelun välille tai neuvottelu- ja kuulutusyhteyksissä usean tilaajan välille vastaa kytkentä- ja välitysjärjestelmä[9]. Järjestelmä huolehtii myös muodostetun yhteyden valvonnasta ja purkamisesta. Piirikytkentäisessä järjestelmässä tilaajan ja hänen tarvitsemansa palvelun välille muodostetaan looginen yhteys, joka varataan tähän käyttöön koko yhteyden ajaksi. Kun yhteyttä ei enää tarvita, se puretaan, sillä käyttämätön yhteys varaa koko piirin samoin kuin käytettykin yhteys[14][19].

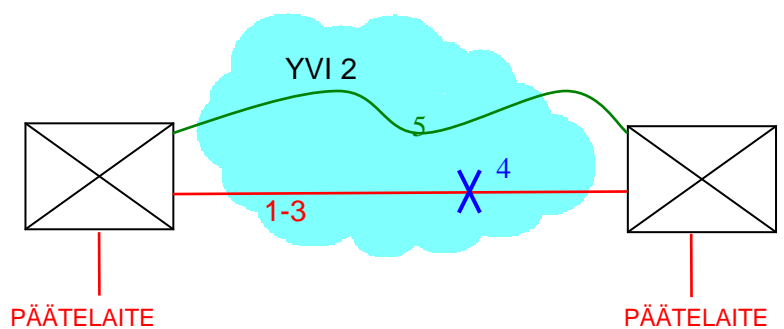
4.3.2 Puhevälitysjärjestelmät

Puhevälitysjärjestelmänä valmiusprikaatissa on kenttäteleverkko, jossa tilaajat liitetään keskuksien kautta verkkoon. Keskukseen liittyvät tilaajat kytketään keskuksen linjaliityntäyksiköihin (User Breakout Box, UBOB)[13], joiden kautta voidaan yhteen keskukseen liittää 15 analogista ja 12 digitaalista tilaajaa. Keskukseen voidaan tarvittaessa liittää kanavointilaite, jonka avulla tilaajia voidaan liittää enemmän. Tilaajan liittyessä keskukseen, pitää kytkettävälle kanavalle antaa tilaajan numero, ja lisäksi tilaajaliittymän kanava pitää asettaa tilaajan päätelaitteen edellyttämään tilaan. Riippuen päätelaitteesta ja kanavan asetuksista tilaajalla voi olla käytettävissään erilaisia palveluita:

- pikayhteys (hot line)
- ennalta ohjattu ja valinnainen kuulutus
- ennalta ohjattu ja valinnainen neuvottelu
- kiinteä yhteys (Sole User Connection, SUC)

- tilaajan lyhytvalinta
- puhelun pito/siirto
- kutsun siirto ja sen peruutus
- liittyminen ja irrottautuminen kanavalta
- jonotus
- etuoikeusluokat puheluille
- puhelun poiminta
- herätys
- valinnan toisto
- ääni- /datapuhelu
 - o oman yhtymän kenttäteleverkkoon
 - o muiden yhtymien kenttäteleverkkoihin
 - o puolustusvoimien viestintäverkkoon ja yleiseen televerkkoon [8]

Äänipuheluiden lisäksi myös palveluiden toiminnan testaaminen kuuluu järjestelmätestaukseen. Myös palveluiden tulee olla käytettävissä, jotta puhevälitysjärjestelmän voidaan katsoa toimivan virheettösti. Kanavien muokkaaminen on mahdollista myös keskuksen ohjauspääteeltä viestiasemalla, mutta yleensä kanavat muokataan valmiiksi jo verkon suunnitteluvaiheessa SEP-työasemalla, josta tiedot tulevat asemille alustuslevykkeillä. Vaikka kanavia ei viestiasemilla muokatakaan, on jokaisella viestiasemalla varmistuttava siitä, että kaikki käytössä olevat kanavat toimivat moitteetta.



1. Päätelaitteiden välille avataan kiinteä yhteys (SUC)
2. Yhdistymisen jälkeen linja pysyy varattuna
3. Puhe- ja viestiliikenne kulkee yhteyttä pitkin
4. Fyysinen yhteys tilaajien välillä katkeaa
5. Yhteyden tulisi reitittyä automaattisesti uudestaan vaihtoehtoista reittiä pitkin.

Kuva 11 Kiinteän yhteyden (SUC) muodostuminen

Äänipuhelut testataan soittamalla yhteyskokeilu vasta-asemalle. Palveluiden toimivuus testataan testisuunnitelman mukaisesti. V1-aseilla tulee aina testata vähintään kiinteän yhteyden toiminta. Kiinteä yhteys testataan avaamalla kiinteä yhteys ja katkaisemalla se, esimerkiksi irrottamalla jokin kytkentä. Tämän jälkeen kytkentä tehdään uudestaan, jolloin myös yhteyden tulisi reitittyä uudelleen. Neuvottelupuhelujen ja kuulutusten toiminnan testaa valvomo soittamalla esimerkiksi viestikomppanian neuvottelupuhelut auki.

ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	Tilaajat pystyvät ymmärtämään toisiaan ja äänenlaatu on täysin, tai lähes normaalin lankapuhelimen tasolla. Palvelut toimivat odotusten mukaisesti.
KELTAINEN	Tilaajat pystyvät ymmärtämään toisiaan, mutta äänenlaatu on selvästi normaalin lankapuhelun äänenlaadun alapuolella. Palvelut kuitenkin toimivat odotusten mukaisesti
PUNAINEN	<p>Tilaajat eivät kuule toisiaan, tai merkittävä osa keskustelusta on liian heikkolaatuista ymmärrettäväksi. Tai vaikka äänenlaatu olisikin ymmärrettävä, palvelut eivät toimi odotetusti, esim.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - neuvotteluun ei saada kaikkia haluttuja tilaajia - kiinteä yhteys ei reitity katkeamisen jälkeen automaattisesti uudelleen - kutsun siirto ei onnistu, tai ei pysy siirrettynä - liittyminen kanavalle ei onnistu - etuoikeusluokat eivät ole käytettävissä

Taulukko 5 Äänipuhelun ja puhelupalveluiden testikriteerit

4.3.3 Datansiirtojärjestelmät

Datansiirtojärjestelmä mahdollistaa esikunta- ja komentopasien välille muodostettavan dataverkon kenttäviestijärjestelmän siirtoteitä hyödyntäen. Datansiirtoon käytetään reitittimiä, joihin tietojärjestelmien päätelaitteet liitetään.

Datansiirtojärjestelmää testataan reitittimien välillä, jolloin voidaan mitata reitittimen kyky lähettää testipaketteja (ping) muodostettua datanverkkoa pitkin. 100 bitin suuruisia testipaketteja lähetetään vähintään 1000 [1], jolloin voidaan luotettavasti arvioida datansiirtoreitin kyky siirtää dataa virheettömästi. Datansiirtoverkkoa hyödyntävä tiedonsiirtojärjestelmä on virheenkorjaava, joten yhteyden ei tarvitse olla täysin virheetön, jotta tiedonsiirto onnistuu. Ping-testi antaa tuloksena tyypillisesti lähetettyjen, vastaanotettujen ja kadonneiden pakettien lukumäärän ja hävikkiprosentin sekä kiertoaajan, jonka paketin lähettäminen ja vastauspaketin saapumisen välillä kului (Kuva 12). Näin ollen siirtojärjestelmän virheettömyys on luonnollisestikin 100% vähennettynä testistä saatavalla hävikillä.

```
Ping-tilastot 130.233.238.254:
Paketit: Lähetetty = 4, Vastaanotettu = 4, Kadonnut = 0 (0% hävikki),
Arvioitu kiertoaika millisekunteina:
Pienin = 1 ms, Suurin = 1 ms, Keskiarvo = 1 ms
```

Kuva 12 Ping testi

ARVO	RAJA-ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	95%-100% pingeistä on onnistuneita	Reitittimien välinen dataliikenne on virheetöntä, tai siinä ilmenee vain merkityksetön määrä virheitä.
KELTAINEN	90%-94% pingeistä on onnistuneita	Reitittimien välinen dataliikenne onnistuu, vaikka siinä ilmeneekin hieman virheitä. Datansiirto kuitenkin onnistuu virheenkorjauksen avulla, mutta saattaa ajoittain hidastua.
PUNAINEN	Alle 90% pingeistä on onnistuneita	Reitittimien välisessä dataliikenteessä on niin paljon virheitä, että datansiirto ei onnistu tai onnistuu niin hitaasti, ettei se mahdollista tietojärjestelmien käyttöä.

Taulukko 6 Datansiirtojärjestelmän testikriteerit

4.3.4 Sanomaliikennetestaus

Sanomaliikennetestauksessa tulee huomioida niin liikkuvien tilaajien kuin myös sanomalaite-runkoverkon toimivuus. Sanomaliikenteen testaus poikkeaa siirtoteiden testauksista siinä, että sanomalaiteverkko on looginen, topologiaaltaan rengasmainen verkko[7], joka rakentuu keskussanomalaitteiden välille varaten puhelinvälitysjärjestelmästä aikapaikkoja omaa liikennöintiään varten. Sanomalaiteverkkoa ei tarvitse verkkona erikseen testata, koska sillä ei ole omaa siirtotietään. Verkon toiminnan testaaminen kuuluu luonnollisesti sanomalaitejärjestelmän testaamiseen, mutta laitetestauksen puolella riittää oman käyttölaitteen toimintakuntoisuuden toteaminen.

Sanomalaiteverkon rakenne suunnitellaan siten, että keskussanomalaitteiden väliset yhteydet voidaan toteuttaa mahdollisimman vähillä linkki- ja valokaapeliyhteyksillä[17]. Varatieradiolla varmennettu sanomalaiteverkko mahdollistaa liikennöinnille useita vaihtoehtoisia reittejä. Rakenteeltaan silmukoitu kenttäviestiverkko varmentaa sanomalaiteverkkoa tarjoamalla keskussanomalaitteiden välisille runkoyhteyksille useita reititysvaihtoehtoja. Tästä johtuen yksittäisten linkkiyhteyksien katkeaminen ei estä sanomalaiteverkon yhteyksien muodostumista[7] [17].

SARJAKANAVAT						KÄYTÖSSÄ			
NR	NIMI	AVAIN	TOIMINTA	TYYPPI	KÄYTÖSSÄ	VARA	PUHELINNUMER		
0A			TOIMII	KIRJ.	ON		0		
0B			TOIMII	L.UUSI	ON				
0C	VEHA		TOIMII	L.UUSI	EI				
1A	TUKI MI4	KSLA	YHT.OK	V25-KESK	ON	12	! KIINTEÄ		
1B	TUKI MI2	KSLA	YHT.OK	V25-KESK	ON	13	! KIINTEÄ		
2A			EI TOIMI	L.UUSI	ON				
2B			EI TOIMI	L.UUSI	ON				
NR	VAST.TUNNU	SALATUT		TYYPPI	NOPEUS	DATA	PARIT.	RS	MT VV
0A	S	AVATAAN		KIRJ.	9600	8	EI	232	ON EI
0B		AVATAAN		L.UUSI	9600	8	EI	422	ON EI
0C		AVATAAN		L.UUSI	2400	8	EI	232	ON EI
1A				V25-KESK	2400	8	EI	232	EI EI
1B				V25-KESK	2400	8	EI	232	EI EI
2A									
2B									
<div> <div>VALITSE</div> <div>TULOSTA</div> <div>LOPPU</div> <div>ASETA</div> <div>ETSI NUMERO</div> <div>LUE uusi</div> <div>KOPIOI avain</div> </div>									
2006-11-05 06:28:00									

Kuva 13 KSL:n sarjakanavat

Sanomalaiteliikenteen perustestausmenetelmä on yhteyskokeilun lähettäminen vasta-asemalle. Viesti voidaan pakottaa tietyille kanavalle, jolloin kanavat voidaan testata yksitellen. Yhteyskokeilun lisäksi keskussanomalaitteen yhteyksien toimivuutta voi viestiasemalla seurata myös keskussanomalaitteelta[13], Kuva 13 nopeat rungot 1A ja 1B ja Kuva 14 sanomalaittekanavat. VEHA-ryhmät näkevät myös omilta työasemiltaan keskussanomalaiteverkon yhteyksien toimimisen. Sanomalaiteverkon runkojen toimintaa on helppo seurata KSL:n näytöltä, jonka oikeassa alakulmassa näkyy ilmoituksina runkojen aukeamiset ja katkeamiset.

SANOMALAITESKANAVAT										KÄYTÖSSÄ
NR	NIMI	AVAIN	TOIMINTA	TYYPPI	KÄYTÖSSÄ	VARA	NOPEUS	TASO	MT	VV
11	TUKI	TILO	TOIMII	RADIO	ON		600	PIENI	ON	EI
12	VARA MI4	KSLA	TOIMII	RADIO	EI		600	PIENI	EI	EI
13	VARA MI2	KSLA	TOIMII	RADIO	EI		600	PIENI	EI	EI
14	RUNKO 1	KSLA	YHT.OK	KESKUS	ON		1200	PIENI	ON	EI
15	RUNKO 2	KSLA	YHT.OK	KESKUS	ON		1200	PIENI	ON	EI
16	RUNKO VAL	KSLA	YHT.OK	KESKUS	ON		1200	PIENI	ON	EI
17	RUNKO VAL	KSLA	TUKOSSA	KESKUS	EI		1200	PIENI	ON	EI
18	SENSSI	TILO	TOIMII	PUHELIN	ON		600	SUURI	ON	EI
21		----	EI TOIMI	RADIO	ON		600	PIENI	ON	EI
22		----	EI TOIMI	RADIO	ON		600	PIENI	ON	EI
23		----	EI TOIMI	RADIO	ON		600	PIENI	ON	EI
24		----	EI TOIMI	RADIO	ON		600	PIENI	ON	EI
25		----	EI TOIMI	PUHELIN	ON		600	SUURI	ON	EI
26		----	EI TOIMI	PUHELIN	ON		600	SUURI	ON	EI
27		----	EI TOIMI	PUHELIN	ON		600	SUURI	ON	EI
28		----	EI TOIMI	PUHELIN	ON		600	SUURI	ON	EI

VALITSE

TULOSTA

LOPPU

ASETA

LUE uusi

KOPIOI avain

2006-11-05 06:28:00

Kuva 14 KSL:n sanomalaitekanavat

ARVO	RAJA-ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	YK kuitataan <u>KSL:</u> SL-kanava tai sarja-kanava YHT.OK	Sanomalaiteverkon runkoyhteys on toimiva ja mahdollistaa sanomalaiteliikenteen yhteysvälillä mikäli tunnushallinta on toteutettu käskyjen mukaisesti.
PUNAINEN	YK ei kuitata <u>KSL:</u> SL-kanava tai sarja-kanava TUKOSSA	Sanomalaiteverkon runkoyhteys ei toimi. Myös vaikka sarja- tai sanomalaitekanavan yhteys on ok, mutta viestit eivät kulje esim. tunnushallinnasta johtuen.

Taulukko 7 Sanomalaiteverkon testikriteerit

Liikkuva tilaaja voi liittyä sanomalaiteverkkoon joko radioon liitettyllä sanomalaitteella tai partiosanomalaiteella, tai vaihtoehtoisesti puheliverkon kautta soittamalla sanomaliitintäpisteeseen[7] [13]. Luotettavin tapa V1-aseilla liittyttyyhteyksien toimivuuden testaamiselle on ottaa erillisellä radiolla ja sanomalaitteella sekä puhelimella ja sanomalaitteella yhteys omaan keskussanomalaiteeseen. Sanomaliitintäpisteen toimivuus voidaan välttävästi todeta myös soittamalla sanomaliitintänumeroon ja sekä kuunnella puhelimesta sanomaliitintäliikenteen kättelypurske että seurata keskuksen ohjauspäätteeltä puhelun reitittyminen. Puhelun kytkeytymisen voi lisäksi varmentaa myös yhdistämällä KSL:n linjaliitintäyksikön kuulopuhelin sanomaliitintäpisteen kanavalle ja testaamalla yhteyden laatu puheella testaamaan puhelimeen.

ARVO	RAJA-ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	Kiinni ilmoittautuminen kuitataan, YK OK	Muuttuva tunnus voi ilmoittautua kiinni sarja- tai sanomalaitekanavalle ja tilaaja pystyy lähettämään ja vastaanottamaan viestejä.
KELTAINEN	kts. määrittely	Kiinni-ilmoittautumista ei kyetä testaamaan, puhelu yhdistyy sl-liitintään ja ksl:n kättelypurske kuuluu.
PUNAINEN	Kiinni ilmoittautumista tai viestejä ei kuitata	Muuttuvaa tunnusta ei voi ilmoittaa kiinni sarja- tai sanomalaitekanavalle tai ilmoittautuminen onnistuu, mutta tilaaja ei pysty lähettämään tai vastaanottamaan viestejä.

Taulukko 8 Sanomalaiteverkon liittyttyyhteyksien testikriteerit

4.3.5 Rajapinnat

Yhtymän viestijärjestelmästä muodostetaan yhteydet yläjohtoportaisiin, naapureihin ja johon otettuihin joukkoihin. Näiden viestijärjestelmät ovat omalla suuntanumeroalueellaan. Lisäksi viestijärjestelmästä muodostetaan yhteydet puolustusvoimien viestintäverkkoon (PvVV) sekä yleiseen televerkkoon (YTV), jolloin YVI2 ja YTV:n tai PvVV:n väliin liitetään DM/PCM-muunnin. Liitintä yleiseen televerkkoon voidaan tehdä kiinteästä pisteestä tai se voidaan siirtää viestiaseman läheisyyteen tai muuhun erikseen määrättyyn paikkaan alueellisten viestijoukkojen kalustolla.

ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	Puhelut yhdistyvät toiselle suuntanumeroalueelle. Tilaajat pystyvät ymmärtämään toisiaan ja äänenlaatu on täysin, tai lähes normaalin lankapuhelimen tasolla. Palvelut toimivat odotusten mukaisesti.
KELTAINEN	Puhelut yhdistyvät toiselle suuntanumeroalueelle. Tilaajat pystyvät ymmärtämään toisiaan, mutta äänenlaatu on selvästi normaalin lankapuhelun äänenlaadun alapuolella. Palvelut kuitenkin toimivat odotusten mukaisesti
PUNAINEN	<p>Puhelut eivät yhdistyvät toiselle suuntanumeroalueelle tai yhdistyvät, mutta tilaajat eivät kuule toisiaan, tai merkittävä osa keskustelusta on liian heikkolaatuista ymmärrettäväksi. Tai vaikka äänenlaatu olisikin ymmärrettävä, palvelut eivät toimi odotetusti, esim.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - neuvotteluun ei saada kaikkia haluttuja tilaajia - kiinteä yhteys ei reitity katkeamisen jälkeen automaattisesti uudelleen - kutsun siirto ei onnistu, tai ei pysy siirrettynä - liittyminen kanavalle ei onnistu - etuoikeusluokat eivät ole käytettävissä

Taulukko 9 YVI2-YVI2 rajapinnan testikriteeri

ARVO	MÄÄRITTELY
VIHREÄ	Puhelut yhdistyvät YTV:on tai PvVV:on. Tilaajat pystyvät ymmärtämään toisiaan ja äänenlaatu on täysin, tai lähes normaalin lankapuhelimen tasolla.
KELTAINEN	Puhelut yhdistyvät YTV:on tai PvVV:on. Tilaajat pystyvät ymmärtämään toisiaan, mutta äänenlaatu on selvästi normaalin lankapuhelun äänenlaadun alapuolella.
PUNAINEN	Puhelut yhdistyvät YTV:on tai PvVV:on. tai yhdistyvät, mutta tilaajat eivät kuule toisiaan, tai merkittävä osa keskustelusta on liian heikkolaatuista ymmärrettäväksi.

Taulukko 10 YVI2-PvVV rajapinnan testikriteerit

5 VIESTIJÄRJESTELMÄN JÄRJESTELMÄTESTAUKSEN TESTIPROSESSI

5.1 Järjestelmätestauksen dokumentointi

Testidokumentaatioon tulee liittää testitulosten lisäksi mahdollisimman laaja kuvaus testausolosuhteista, esimerkiksi testausta suorittaneen joukon koulutustaso ja järjestelmän suorituskyvylle asetetut vaatimukset ja reunaehdot. Tämä parantaa testitulosten hyödyntämistä kun tulkinnanvara pienenee testaustuloksia arvioitaessa. [16] Dokumentointi tulee suorittaa siten, että se on helposti selattavaa ja sisältää myös historiatiedot viestijärjestelmän tilasta. Asiakirjaturvallisuuden ja käytettävyyden vuoksi dokumentaatio ei kuitenkaan saa muodostua liian raskaaksi, vaan esimerkiksi asematasalla historiatietojen aikajänne on korkeintaan vuorokauden luokkaa, olettaen, että tiedot on saatu toimitettua eteenpäin. Viestikomppanian tasalla verkkoa suunnitellaan ja elätetään vaiheina, joten kattavan dokumentaation säilyttäminen on myös luontevaa sitoa vaiheisiin.

Kaikki viestikomppanialle toimitetut testitulokset tulee säilyttää yhden vaiheen yli, eli kun vaihetta n rakennetaan ja ylläpidetään, vaiheen $n-1$ dokumentaation koostamista viimeistellään ja sen perusteella tehdään vielä viimeisiä analyysyjä ja vaiheen $n-2$ dokumentaatio on vielä täydellisenä käytettävissä. Vanhan testausdokumentaation harventaminen ja vaiheen loppuraportin eli operaation väliraportin laatiminen ei ole viestiverkon sen hetkisen viestiverkon ylläpitämisen kannalta olennaista. Kun henkilöstö harjaantuu tehtävissään ja testiraporttien laatiminen nähdään tehokkaana työkaluna oman toiminnan tehostamiseen, löytyy aikaa myös vaiheen $n-3$ dokumentaation harventamiseen. Harventamisessa viestiasemien alkuperäisiä testiraportteja hävitetään, kun on varmistuttu siitä, että niissä olevat tiedot on koottu viestikomppanian laatimaan koonnokseen ja kun vaiheesta saadaan laadittua raportti, johon on kerätty olennaiset tiedot sekä analysoitu niiden perusteella viestijärjestelmän toimivuutta mukaan lukien niin kalusto kuin henkilöstökin, voidaan kaikki se dokumentaatio hävittää, jota ei tarvita raportin liitteeksi selvittämään tehtyjä johtopäätöksiä. Kun yhtymä on suorittanut sille annetun tehtävän ja siirtyy huoltamaan ja valmistautumaan seuraavaan tehtävään, laaditaan väliraporttien avulla vielä loppuraportti, jonka tuloksia voidaan hyödyntää seuraavaa operatiota suunniteltaessa.

Yksittäiset testitulokset tulee koota yhteen, jotta testeistä saatavia tuloksia voidaan hyödyntää viestiverkon suunnittelussa. Testitulokset kootaan viestiasemilta ja muilta viestiverkon solmupisteiltä raakatietona[3], joka käsittelyn ja arvioinnin jälkeen on hyödynnettävissä jatko-toimenpiteistä käskettäessä sekä käskyjen pohjalla olevassa suunnittelutyössä.

5.1.1 Testisuunnitelma

Esikunta- ja viestipataljoonan esikunta laatii testisuunnitelman rungon viestikomppanian päällikölle. Testisuunnitelman rungosta tulee ilmetä ainakin viestipäällikön vaatimusten mukaiset asiat, esimerkiksi liitettävät alajohtoportaat ja mahdolliset alistukset. Lisäksi testisuunnitelmasta tulee käydä ilmi verkon suunniteltu rakenne aikamääreineen. Testisuunnitelmasta tulee lisäksi ilmetä haluttu raportointisykli sekä heti ilmoitettavat asiat. Edellä mainitut ovat asioita, jotka viestikomppanialle joka tapauksessa käsketään. Koska testisuunnitelman runkoon ei kuulu mitään tavallisesti käskettävistä asioista poikkeavaa, voi se joukon koulutustaso huomioiden olla jopa pelkästään EVPE:n näkemys viestijärjestelmän toiminnan keskeisistä haasteista, jolloin viestikomppanian päällikkö painottaa testisuunnitelmassa esimerkiksi linkkiyhteyksien laatua, CNRA-palveluiden käytettävyyttä, sanomalaiteverkkoa tai testauksen riipeyttä.

Viestikomppanian päällikkö täydentää testisuunnitelman rungon testisuunnitelmaksi, saatuaan suunnitteluasemalta haluamansa verkonkuvan (esimerkiksi LIITE 2). Testisuunnitelmaan täydentyvät ainakin eri palveluiden testausvastuut viestiasemittain.

Testisuunnitelmasta on yhtenä esimerkkinä LIITE 3, jossa on yhdelle viestiasemalle käsketty testaussuunnitelma. Testisuunnitelma voi olla yksinkertaisimmillaan asemittain jaotellut testausvastuut ja viestikomppanian komentopaikalle näistä jäävät kopiot täytettäväksi asemien ilmoitusten perusteella, täydennettynä riittävän suurella verkonkuvalla, johon voidaan tehdä merkintöjä. Pidemmälle jalostettuna testisuunnitelma voi olla myös jo luonnos tai runko vaiheen raportille.

5.1.2 Testausohje ja raportointilomakkeet

Testausohjeella voidaan tarkentaa testien suorittamista ja antaa tarkentavia määreitä testien raja-arvoista. Testausohje tulee sovittaa joukon koulutustasoon, ja yksinkertaisimmillaan se on vain sisäänrakennettuna raportointilomakkeeseen siten, että eri testien kohdalla lukee niiden tavoitteelliset raja-arvot.

Raportointilomake tulee laatia siten, että se tukee yksittäistä testin suorittajaa viestiasemalla. Lomakkeessa on hyvä huomioida myös se, miten tietoja halutaan välitettävän eteenpäin. Lomake jää todennäköisimmin arkistoitavaksi viestiasemalle, mutta sen tiedot lähetetään testisuunnitelman mukaisesti valvomoasemalle esimerkiksi sanomalaiteviestinä. Lomakkeen rakenteen suunnittelussa tulee siis ottaa huomioon se, että siitä on helppo poimia eteenpäin lähetettävät tiedot ennalta määrätyn muotoiseksi sanomalaiteviestiksi. Toinen merkittävä seikka lomakkeen suunnittelussa on se, että kaikkiin testattaviin kohteisiin pitää ottaa jotain kantaa, mieluiten rasti ruutuun periaatteella. Tällä kyetään varmistamaan sitä, että jälkeenpäin voidaan tarvittaessa tarkistaa, mitkä testin osat on varmuudella tehty. Rastittavat vastaukset helpottavat ja nopeuttavat myös raportointilomakkeen täyttöä.

LIITE 1 on useissa joukko-osastoissa käytössä oleva päivystyksen vaihdon yhteydessä täytettävä kaavake. Tämän kaavakkeen pohjalta olen laatinut yhden esimerkin raportointilomakkeesta (LIITE 4), joka on sidottu verkonkuvaan LIITE 2 asemalle 13. Raportointilomakkeen muokkaaminen tapauskohtaisesti syö rajallisia resursseja, mutta sillä pystytään varmistamaan, että taistelustressin ja väsymyksen alaisenakin testaaja muistaa tehdä oikeat testit eikä hukkaa energiaansa tarpeettomiin testauksiin. Yksilöity raportointilomake voi toisaalta toimia myös asemalle jaettavana testisuunnitelmana ja testausohjeena.

5.2 Järjestelmätestauksen testitulosten analysointi

Järjestelmätestauksella saatujen tietojen jatkohyödyntäminen tapahtuu toisaalta suoraan tietojen itsensä avulla ilman niiden tarkempaa analysointia, mikä on viitekehyksen mukaisesti viestiverkon ylläpitoa. Tietoa verkon tietyn osan toimimattomuudesta tai toiminnan puutteista käytetään vian paikallistamisessa ja korjaamisessa käytössä olevien resurssien suuntaamiseksi. Toisaalta taas tietojen jatkohyödyntäminen edellyttää saatujen tietojen keräämistä [3] koostamista laajemmaksi kokonaisuudeksi testisuunnitelman mukaisesti sekä kerätyn tiedon tarkempaa analysointia. Kun tietoja on saatu kerättyä riittävästi, voidaan niitä ryhtyä analysoimaan[3].

Analysoitaessa tietoa viestiverkon osien toimintatilasta saadaan käsitys koko verkon suorituskyvystä. Saatuja tietoja voidaan verrata ennalta määritettyihin arvoihin, jolloin saadaan suuntaa antavia suhdelukuja joiden perusteella voidaan koko viestiverkon suorituskykyä nopeasti ja havainnollisesti arvioida. Tässä analyysissä tulee ottaa kantaa paitsi saatujen tietojen kvantitatiiviseen analysointiin, myös tarkastella saadun tiedon laatua siinä suhteessa, miten hyvin se vastaa todellisuutta, eli lähinnä kuinka suurella todennäköisyydellä esiintyneet virheet on saatu löydettyä.

Viestiverkon järjestelmätestauksen kvalitatiivisessa analyysissä tulisi olla tilanne, jossa virhetiheys (Kaava 4) on käytännössä laskeva ajan funktiona[3], olettaen että viestiverkon tila on staattinen. Koska kuitenkin viestiverkon muutokset ja taistelutilanne johtavat alituisiin verkon tilan muutoksiin, voidaan virhetiheysen että ennen kaikkea virheiden löytymisen taso kautta määrittää järjestelmätestauksella saavutettavan tiedon kattavuus. Erilaiset virheet ja ongelmatilanteet johtavat luonnollisestikin ensimmäistä kertaa löytyessään yleensä ajallisesti pidempi-kestoiseen korjausoperaatioon, mutta toimintojen vakiintuessa niin viestiasemilla, liitettävissä alajohtoportaisissa kuin testausta ja valvontaa suorittavissa tasoissa, saavutetaan lähinnä operaation intensiivisyydestä ja operaatioalueen ominaispiirteistä riippuva analyysi.

5.2.1 Suorituskykyanalyysi

Järjestelmän käytettävyyden testaukseen liittyy toimintavaatimusten minimitason ylittäminen. Toimintavaatimukset voidaan luokitella kriittisiin, tärkeisiin ja rutiininomaisiin, joille luokille voidaan määrittää erilaiset käytettävyyksivaatimukset. Toimintakuntoisuuteen vaikuttaa esimerkiksi toimintaympäristö, käyttäjät, käyttöaika, järjestelmän rakenne ja vian ilmeneminen. Vika keskeyttää toiminnan tai estää toimintamahdollisuuden. Vian estoon liittyvät varmentaminen ja ennakoiva huolto. Vian poistamiseen liittyy korjaaminen. Käytettävyydellä on myös ajallinen ulottuvuus. Normaalisti käytettävyys määritellään tietyksi ajanhetkeksi, jolloin puhutaan hetkellisestä käytettävyydestä. Voidaan myös määritellä keskimääräinen käytettävyys jollakin aikavälillä, jolloin voidaan puhua taktisesta tai operatiivisesta käytettävyydestä. Pitkäaikainen käytettävyys tai pysyvä käytettävyys on raja-arvo, jota hetkellinen käytettävyys lähestyy, kun tarkastelu-aika lähestyy ääretöntä. Kenttäviestiverkon käytettävyyttä testataan vertaamalla käytännössä saatua arvoa teoreettisiin arvoihin. Teoreettisen tarkastelun perusteella haetaan kenttäviestiverkolle sellainen rakenne, jossa käytettävyys on mitattavissa[16].

Viestiverkon toimivuuden tai suorituskyvyn analysoinnissa ei voida käyttää mitään tarkkaa suhdelukua, jonka suhteen viestiverkon toimivuus kyettäisiin yksikäsitteisesti määrittämään. Käytännössä esikunta- ja viestipataljoonan esikunnan tasalla tulee operaatioanalyysin ohessa määrittää minkälaiset reunaehdot viestijärjestelmän suorituskyvylle operaatio asettaa, ja tämän perusteella laskea operaatiokohtaiset suhdeluvut viestiverkon toimivuuden ja suorituskyvyn määrittämiseksi.

Toimivuuden ja suorituskyvyn suhteen keskeiset mitattavat ja laskettavat osa-alueet viestiverkon osalta ovat viestiverkon siirtämisen, korjaamisen ja laajentamisen mahdollistava *reservi*, toimintavarmuuden ja taistelunkestävyyden varmentava *silmukointi*, yhteyksien ja palveluiden *toimivuus* sekä verkon *kattavuus* niin alueellisesti kuin erityisesti käskettyjen alajohtoportaiden liittämisen osalta.

Edellä mainittujen neljän keskeisen tekijän suhteen viimeisten kahden osalta tavoitetilana on luonnollisestikin täysi toimivuus, eli näiden arvo tulee saada 100%. Sekä yhteyksien ja palveluiden että myös verkon kattavuuden osalta olisi mahdollista saada myös 100% ylittävä tulos, sillä kaikkia palveluita eikä etenäkään joukkoja ole välttämättä tarpeen kaikissa olosuhteissa toteuttaa tai liittää. Näin ollen toimivuuden suhde tulee laskea aina käyttäen vertailuarvona käskettyjen johtoportaiden liittämistä ja operaation vaiheessa tarvittavia palveluita.

Reservin toteutuvuus on niin ikään mahdollista laskea myös suhdelukuna, erityisesti silmällä pitäen sitä, että se mahdollistaa viestiverkon tehokkaan käyttämisen operaation edetessä. Määrävimppänä tekijänä reservin toteutumista laskettaessa on viestipäällikön määräämä reservin määrä sekä muut mahdolliset lisämääreet reservin käytölle. Järjestelmätestauksen tulosten perusteella voidaan todeta käsketyn ja suunnitellun reservin toteutumisen lisäksi se, jääkö suunnitellun reservin lisäksi joitain toteutumattomia linkkiyhteyksiä, jotka voidaan laskea käytettäväksi reservinä.

Saatava suhdeluku kertoo varatun reservin määrästä suhteessa käytettävissä olevaan kalustoon. Tyypillisesti reserviksi varataan neljännes viestikalustosta esim. [8][17], joten suhde voidaan vielä jakaa 25%, jolloin tulos kertoo suoraan, onko reserviä varattu riittävästi (tulos 85-115%), liian vähän ($<85\%$) vai peräti liikaa ($>115\%$). Operaatiokohtaisesti reservin määrä saattaa vaihdella, joten 25% jakamisen sijasta tulee käyttää kulloistakin tehtävää kohden määritettyä suhdelukua. Kun tätä laskentaa varten saadaan syötteet järjestelmätestauksesta, on muutamalla yksinkertaisella laskutoimituksella mahdollista saada hyvin suuntaa antava kuva viestiverkon siirtämiseen, laajentamiseen ja korjaamiseen käytettävissä olevan kaluston riittävyydestä.

Silmukoinnilla varmistetaan viestiverkon runkoyhteyksien taistelunkestävyys, mikä hyvin toteutuessaan saattaa merkittävästikin vähentää viestiverkon korjaamiseen varattavaa reserviä. Tällöin reservi voidaan käyttää painopisteisesti verkon siirtämiseen ja laajentamiseen. Silmukoinnin suhdeluku saadaan määritettyä esimerkiksi järjestelmätestauksella varmennetusta verkonkuvasta. Silmukoinnin kattavuutta on hyvä verrata vielä sekä operaatiokohtaisesti määriteltävään silmukoinnin tavoitteeseen, mikä voi olla määritettävissä suoraan verkonkuvasta, että hyvin silmukoiduksi tulkitun verkon silmukointisuhteeseen. Ensin mainittu vertailu on siis käytännössä verkonkuvan toteuman laskemista, mutta silmukointisuhdetta voidaan verrata jo suunnitteluvaiheessa ennalta määrättyyn suhteeseen, jolloin suunnitelman taistelunkestävyyttä on mahdollista arvioida myös numeerisesti. Silmukointisuhdetta laskettaessa määritetään verkonkuvasta niiden yhteyksien lukumäärä, jotka voidaan katkaista eli jotka voivat tuhoutua. Kun tätä verrataan kaikkiin toteutuneisiin yhteyksiin, saadaan suhdeluku, joka kertoo viestiverkon silmukointisuhteen. Viestiverkkoa voidaan pitää taistelunkestävänä kun yli 10% viestiverkon yhteyksistä on silmukoivia yhteyksiä. Silmukointikaan ei tietenkään takaa sitä, että kaikki yhteydet toimivat, kun yhteyksistä on tuhoutunut vähemmän, kuin silmukointiin varattujen yhteyksien määrä, mutta todennäköisyys siihen, että suurin osa verkkoon liitetystä viestiasemista ja liittymistä pysyy liitettynä viestiverkkoon myös korjaustoimenpiteiden aikana, on operaation kokonaisuutta ajatellen riittävä.

Reservin ja silmukoinnin tulosten jatkohyödyntämistä ajatellen on mahdollista määrittää vielä se, kuinka moni käyttämättömänä, eli reservissä, oleva linkkiyhteys voitaisiin käyttää verkon tehokkaaseen silmukointiin. Silmukointisuhdetta saadaan myös helposti kasvatettua, mikäli lähekkäin, enintään kolmen kilometrin etäisyydellä toisistaan olevia, viestiasemia liitetään toisiinsa valokaapeliyhteydellä.

5.2.2 Luotettavuusanalyysi

Puhuttaessa järjestelmän luotettavuudesta tulee järjestelmän ja sen testausta analysoitava laadullisesti, eli pitää määritellä järjestelmän laatu (Quality of Service, QoS). Järjestelmätestauksen laadullisessa määrittelyssä olennaista on paitsi saada selvitettyä mitkä prosessin virheet tulevat esille ja mitkä jäävät testiprosessissa selvittämättä, erityisesti pysyä tietoisena siitä, missä laajuudessa koko viestiverkko on testattu. Tämän selvitystyön jälkeen testiprosessia voidaan arvioida ja tarvittaessa kehittää [3].

$$\text{Virhetiheys} = \frac{\text{Virheiden lukumäärä}}{\text{Testivolyyymi}}$$

Kaava 4 Virhetiheys [3]

Järjestelmän laatuun vaikuttaa myös kyky virheiden korjaamiseen [11], joten virheet tulee kyetä paikantamaan. Virheiden löytyminen testaamalla antaa aikaa korjata virheet, ennen kuin ne vaikuttavat käyttäjän toimintaan[11], joten järjestelmän laatu paranee. Kaikkia virheitä ei kuitenkaan testaamalla kyetä löytämään, joten myös käyttäjän raportoimat virhetilanteet tulee tilastoida, jotta voidaan arvioida testauksen kattavuutta (Kaava 5).

$$\text{testin kattavuus (\%)} = 100 * \frac{\text{testeissä löytyneet virheet}}{\text{testeissä ja käytössä löytyneet virheet}}$$

Kaava 5 Testauksen kattavuus[3]

Yhtenä keskeisenä mittauskohteena järjestelmätestauksessa on verkon ja sen palveluiden käytettävyys[5][11]. Näitä ilmaisevat tulokset voidaan ilmaista myös parametrilla palvelun saatavuus (service availability, SA) tai sen käänteisparametrilla palvelun puuttuminen (service unavailability, UA), joka voidaan määritellä:

$$\text{SA\%} = 100\% - \text{UA\%}$$

Kaava 6 Palvelun saatavuus [5]

Kun palvelulla tarkoitetaan paitsi viestijärjestelmän tarjoamia palveluita joita käsitellään luvussa 4.3, myös verkon käytettävyyttä, joka käyttäjän näkökulmasta on viestijärjestelmän palvelu, voidaan edellä kuvattua käyttöä kuvaamaan kaikkia niitä tilanteita, joissa käyttäjä tarvitsee viestiverkkoa. Palvelun käytettävyys on käyttäjän kannalta keskeisin tekijä puhuttaessa viestijärjestelmästä, joten sen määrittely ja mitattavuus on erityisen tärkeää jotta vältetään väärinkäsityksiltä etenkin virhetilanteita paikannettaessa. Virhetilanteet johtavat aina palveluiden vajaaseen toimivuuteen tai täydelliseen puuttumiseen, joten palvelukokonaisuuden puuttumisen voi laskea seuraavan kaavan mukaan:

$$UA\% = \frac{\sum \text{Palvelun puuttumisjaksot}}{\text{Palvelun käytössäoloaika}} * 100\%$$

Kaava 7 Palvelun puuttuminen

5.3 Järjestelmätestauksen testitulosten hyödyntäminen

Järjestelmätestauksen dokumentoinnin ensisijaisena tavoitteena on viestikomppanian päällikön tilannetietoisuuteen liittyvän tiedontarpeen tyydyttäminen [3] (Kuva 2 ja Kuva 6). Koska viestijärjestelmän järjestelmätestaus on kuitenkin viestijärjestelmän muutoksiin ja vianhallintaan liittyvä työkalu yleisen viitekehyksen (Kuva 1) osoittamalla tavalla, myös viestijärjestelmän ylläpito määrittää keinoja ja päämääriä järjestelmätestaukselle. Viestiverkkojen ylläpidon tavoitteena on viestiverkkojen taistelu- ja palvelukyvyyn ylläpito kaikissa taistelun vaiheissa.

Taistelun johtamisessa on keskeistä se aika, joka kuluu ongelman tai muutostarpeen ilmaantumisesta asian korjaamiseen, eli toiminnan vasteaika. Kyseessä voi olla esimerkiksi viestiaseman siirtyminen, verkon korvaaminen tai yksittäisten vikojen korjaaminen. Tästä syystä taistelunjohtamisessa pitää kiinnittää erityinen huomio oman toiminnan onnistumisen kannalta oleellisten asioiden havaitsemiseen. Havaittuja ongelmia tai muutostarpeita pitää analysoida, jotta tulevat korjaustoimet saadaan kohdistettua oikeisiin asioihin.[17] Hyvin toteutettu järjestelmätestauksen dokumentointi mahdollistaa paitsi tehokkaan toiminnan lyhyellä vasteajalla, myös toiminnan analysoinnin jälkikäteen [3].

6 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

6.1 Johtamisjärjestelmän siirtoverkon ja keskeisten palveluiden tekniseen suorituskykyyn vaikuttavien tekijöiden mittauksen toteutuminen

Tässä tutkimuksessa esitetty malli järjestelmätestauksen toteuttamisesta edellyttää soveltamista joukon koulutustaso huomioiden, ennen kuin järjestelmätestausta voidaan tehdä. Malli mahdollistaa kuitenkin siirtoverkon toimintakyvyn selvittämisen (tutkimuskysymys 1) ja aiempaan verrattuna mallin mukaisesti toteutettu järjestelmätestaus jäsentelee testauksen tavoitteelliseksi kokonaisuudeksi. Testiprosessin mallissa on määritelty järjestelmän osille mittauskriteerit (tutkimuskysymys 1a.), joita voi ja pitää soveltaa tilanteenmukaisesti. Mikäli testiprosessin dokumentointi toteutetaan kuvauksen mukaisesti ja analysoidaan tarkoituksenmukaisesti hyödyntäen esimerkiksi tutkimuksessa esitettyjä malleja, järjestelmätestausprosessi antaa viestijärjestelmän suorituskyvystä tietoa tarvitseville henkilöille hyvän ja riittävän ajantasaisen kuvan viestiverkon ja sen keskeisten palveluiden suorituskykyä (tutkimuskysymys 2).

Jotta testauksesta olisi konkreettista hyötyä, on oleellista että testituloksia myös hyödynnetään [3], joten testiprosessin tulee edetä kuvatus mukaisena syklinä seuraavan vaiheeseen ja operaatioon.. Testiprosessista saatava tieto ei puhtaana tietona ole tarpeellista, joten sitä ei kannata tässä laajuudessaan kerätä, jos sitä ei hyödynnetä. Toisaalta pelkkä järjestelmätestauksen prosessiin tutustuminen antaa viestijärjestelmän parissa toimiville johtajille uuden näkökulman omaan toimintaansa.

6.2 Jatkotutkimuskohteita

Viestijärjestelmän tutkiminen palveluna ja sen analysointi puhtaasti palvelun laadun (Quality of Service, QoS) näkökulmasta voisi antaa johtamisjärjestelmäalan kehitykselle tuoreen näkökulman.

Tässä tutkimuksessa esitetyt raja-arvot ovat pääasiassa kirjallisuuteen perustuvia, joten niiden testaaminen käytännössä voi tarkentaa merkittävästikin testiprosessia.

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on järjestelmänä iäkäs, joten seuraavan polven viestijärjestelmien hankinta- ja käyttöönottovaiheen testauksessa voisi määritellä jo käytönaikaisen testauksen kriteereitä ja prosessia.

Alueellisten viestijoukkojen sekä YVIIIM –järjestelmille voi kehittää testiprosessin, jossa huomioidaan niiden valvontajärjestelmät ja kalusto.

6.3 Järjestelmätestauksen kehittäminen

Tulevaisuuden viestijärjestelmät tuovat varmasti rajuja muutoksia käytönaikaiseen järjestelmätestaukseen, mutta vanhat järjestelmät säilyttävät varmasti vielä pitkään jonkinlaisen aseman puolustusvoimissa. Tätä testiprosessia voi kehittää etenkin kokeilemalla erilaisissa harjoituksissa raportointijärjestelmiä ja muokkaamalla niistä käytännössäkin joukkoa parhaiten tukevan mallin.

Järjestelmätestaus tuottaa runsaasti mittaustuloksia, joiden jatkokäytölle olen esittänyt muutamia analyysimalleja. Näiden lisäksi on varmasti runsaasti erilaisia suhdelukuja tai muita näiden arvojen perusteella laskettavissa olevaa tietoa. Näiden analyysityökalujen kehittäminen osana testiprosessia edellyttää vain innovatiivisuutta, jotta olemassa olevaa tietoa uskalletaan hyödyntää uudella tavalla.

LÄHTEET

- [1] Combined Endeavor 2006 Test Plan.
Compiled by Defense Information Systems Agency Joint Interoperability Test Command. Fort Huachuca, Arizona, USA. March 2006.
- [2] Halme, Seppo J. Televiestintäjärjestelmät.
Otatieto Oy Yliopistokustannus University Press Finland Ltd. Hakapaino Oy, Helsinki 2002. Kuudes korjattu painos.
ISBN 951-672-325-X.
- [3] Hirvensalo, Jorma. Quality Measurement and the utilisation of measurement results in a software development process.
Teknillinen korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto, Tietoverkkolaboratorio. Otamedia Oy. Espoo 2003.
ISBN 951-22-6423-4.
- [4] ITU-T Recommendation E.800 Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability. 1994.
- [5] ITU-T Recommendation E.860 Framework for service level agreement. 2002.
- [6] Jormakka, Jorma. Testaus tutkimusmenetelmänä. Artikkeliteoksessa Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Julkaisusarja 5 N:o 1. Edita Prima Oy. Helsinki 2004.
ISBN 951-25-1540-7
- [7] Kenttäviestijärjestelmäopas 2 (KvJärjOpas 2) Sanomalaitejärjestelmä.
Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Karisto Oy. Hämeenlinna 1998.
ISBN 951-25-0964-4.
- [8] Kenttäviestijärjestelmäopas 4 (KvJärjOpas 4) Yhtymän viestijärjestelmä YVI2.
Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Edita Prima Oy. Helsinki 2003.
ISBN 951-25-1422-2.
- [9] Kosola, Jyri; Solante Tero. Digitaalinen taistelukenttä – Informaatioajan sotakoneen tekniikka. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Tutkimuksia julkaisusarja 1 N:o 13, toinen painos. Edita Prima Oy, Helsinki 2003.
ISBN 951-25-1449-4.

- [10] Lokki, Heikki; Haikala, Ilkka; Linnainmaa, Seppo; Rönkkö, Kari; Susiluoto, Outi. Tietotekniikkaa. Gummerus kirjapaino Oy. Jyväskylä 1992.
ISBN 951-762-175-2.
- [11] Oodan, A.P; Ward, K.E.; Mullee, A.W. Quality of Service in Telecommunications. The Institute of Electrical Engineers. London 1997.
ISBN 0-85296-919-8
- [12] Porin Jääkäriprikaati Harjoitusvahvuus A1 2004. [TLL IV]
Pääesikunta, Maavoimaesikunta. Helsinki 2004. R4483/10/D/II VIRK.
- [13] Poutiainen Esa. Kouluttajan taskukirja #Johtamisjärjestelmät. Panssariprikaati. Koulutusmateriaali 25.5.2005.
- [14] Rice, M A; Sammes A J. Communications and information systems for battlefield command and control.
Royal Military College of Science, Brassey's Ltd. London 1989.
ISBN 0-08-036267 2.
- [15] Ryan, Michale J.; Frater Michael R. Tactical Communications for the Digitized Battlefield.
Artech House. London 2002.
ISBN 1-58053-323-x.
- [16] Sundqvist, Jari. Automaattisen kenttäteleverkon järjestelmätestaus.
Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Tutkimuksia julkaisusarja 1 N:o 2.
Puolustusvoimien Koulutukseen Kehittämiskeskus. Ykkös-Offset Oy. Vaasa 1997.
ISBN 951-25-0938-5.
- [17] Viestikomppanian toimintaohje (luonnos) versio 0.2. [TLL IV].
Viesti- ja Sähkötekniinen koulu. 2006.
- [18] Viestitekniikan Opas (VteknOpas).
Pääesikunnan koulutusosasto. Sisälähetysseuran kirjapaino Raamattutalo. Pieksämäki 1992.
ISBN 951-25-0552-5.

- [19] Volotinen, Vesa. Tietoliikenne – Televerkot ja päätelaitteet.
WSOY Kirjapainoyksikkö. Porvoo 1999.
ISBN 951-0-22600-9.
- [20] Yhtymän Viestitoimintaopas (YhtVtoimOpas). [TLL IV].
Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus., Ykkös-Offset Oy. Vaasa 2001.
PUMA 7610-448-7250.

LIITTEET

LIITE 1 Päivystäjän vaihto

PÄIVYSTYKSEN LUOVUTTAMINEN JA VASTAANOTTAMINEN

ASEMA _____, ALISTETTU _____:LLE

LUOVUTTAJA _____ PVM _____.____ KLO _____.____

TILANNE LUOVUTETTAESSA (VASTAANOTTAJAN OLLESSA PAIKALLA):

RADIOLINKIT:

	LINKKI 1	LINKKI 2
F4 12	/ /	/ /
F4 03	dBm	dBm

MUUTA:

TAAJUUDENVAIHTO MUISTIPAICALTA ____ VARSINAINEN JA VARA ____ KLO _____.____

VALOKAAPELIT:

OLTU 1, OK/HÄL
OLTU 2, OK/HÄL

KAN 1	KAN 2	HUOM !

KESKUS :

SH MO BER
SH MO ALA

MODULE 3	MODULE 4	MODULE 7	MODULE 8	MODULE 9

SH UNI ALA
SH CH ALA

UNIT 5,10,15	UNIT 13	UNIT 6,11,16	UNIT 18,19,20

VIAT JA KÄYNNISSÄ OLEVAT KORJAUSTOIMENPITEET

ILMOITETTU OSC:LLE ON/EI, ILMOITETTU VEHALLE ON/EI

VÄLITTÄJÄ 990 ☐

	SANLA	CD 410	ESL 701	KSL
AVAIMIEN VAIHTO				
	RAD 1	RAD 2	RAD 3	RAD 4
TAAJUUDET				

USER CS TERMINATION - KYTKETTYT TILAAJAT ☐

ERIKOISKALUSTON TOIMIVUUS

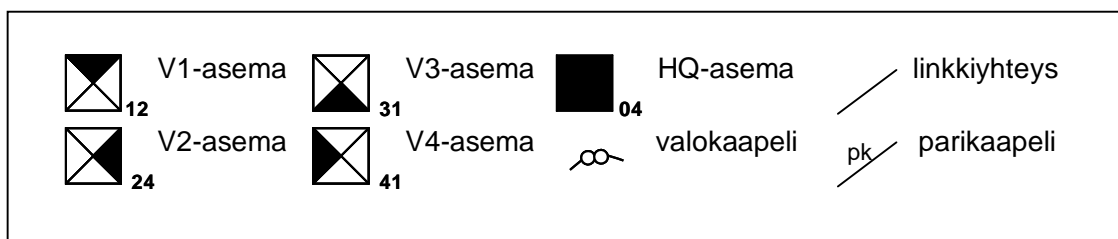
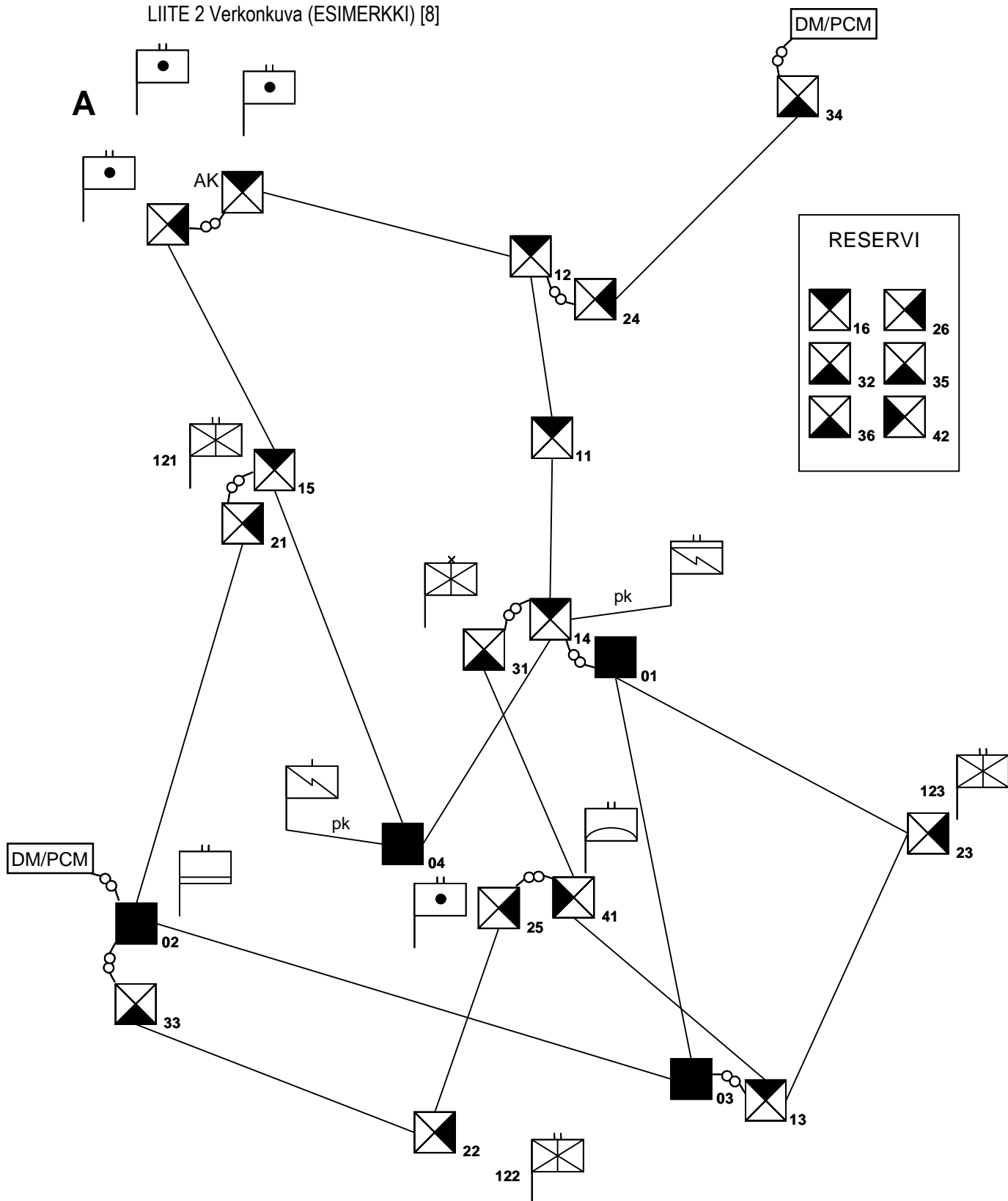
	KSL	KUTSUKAN	LIKKAN	TJDATA
RUNGOT/VARATIED				
TUKIASEMA				

VASTAANOTTAJA _____

MASTON JA HARUSTEN TARKASTAMINEN ☐

LIITE 2 Verkonkuva (ESIMERKKI) [8]

A



ASEMA 13

VASTAAVA VALVOMOASEMA OSC2

RAPORTTI päivittäin KELLO 10:00 mennessä KELLO 09:00 tilanteesta
Raportointilomakkeesta lähetetään riveittäin rivin otsikko ja OK, tai jos VAJAA/EI,
koko rivin tiedot.

Linkkiyhteydet:

Raja-arvo OK: BER <10E-4, VAJAA 10E-4 – 10E-3, EI >10E-3
Ilmoitukset, kun yhteys muodostettu ja kun muutoksia

Valokaapeliyhteydet:

Ilmoitukset, kun yhteys muodostettu ja kun muutoksia

Puhevälitys.

YK:t klo 17.00-17.15; 00.50-01.10; 10.45-11.00

SL-verkon SUC reitittyminen testattava päivittäin klo 09:00 mennessä.

SL-verkko

YK:t klo 13.00 ja 02.00 vasta-asemille.

Ilmoitukset, kun yhteydet muodostettu ja kun muutoksia

Liitettävät alajohtoportaat

Ei liitettäviä

Rajapinnat

Ei omia rajapintoja

LIITE 4 Raportointilomake (ESIMERKKI)

JÄRJESTELMÄTESTIN RAPORTTI PVM: _____._____.____ KELLO _____.

ASEMA

01 02 03 04 11 12 13 14 15 16 21 22 23 24 25 26 31 32 33 34 35 35 41 42

VALVOMON MERKINTÖJÄ:

	VASTA-ASEMA	F4 12	SH MO BER 6,25 / 62,5	F4 03	OK VAJAA EI
LINKKI 1	23	/ /	/	dBm	
LINKKI 2	41	/ /	/	dBm	

VALOKAAPELIT	VASTA-ASEMA	OK / HÄL	SH MO BER 6,25 / 62,5	OK VAJAA EI
OLTU 1, KAN 1			/	
OLTU 1, KAN 2	03		/	
OLTU 2, KAN 1			/	
OLTU 2, KAN 2			/	

	YK, KLO 17	YK, KLO 01	YK, KLO 11	OK VAJAA EI
ASEMAPUHELIN				
VK:N NEU.PUH				
VARTIO HOTLINE				
PTV				

	VASTA-ASEMA	YHT OK / TUKOSSA	YK 13	YK 02	OK VAJAA EI
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
1A					
1B					

ILMOITETTAAN YHTEYDEN MUODOSTUTTUA, JA **HETI** KUN MUUTOKSIA OSC 4/ OSC 2